

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA’LIM  
VAZIRLIGI**

**TOSHKENT ARXITEKTURA QURILISH INSTITUTI**

**“QURILISH MEXANIKASI VA INSHOOTLAR ZILZILABARDOSHLIGI”  
KAFEDRASI**

**“QURILISH MEXANIKASI ” fanidan**

# **O‘QUV-USLUBIY MAJMUA**

## **2-qism**

<b>Bilim sohasi:</b>	400000	–	Biznes, boshqaruv va huquq
<b>Ta’lim sohasi:</b>	410000	–	Biznes va boshqaruv
<b>Ta’lim yo’nalishi:</b>	60411200	–	Menejment (qurilish)

TOSHKENT - 2022

Mazkur o'quv-uslubiy majmua O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2021 yil "30" avgustdagi 125/B-sonli buyrug'ining 3-ilovasi bilan tasdiqlangan "Qurilish mexanikasi" fani dasturi asosida ishlab chiqilgan.

#### **Tuzuvchi:**

Abdikarimov R.A. – Toshkent arxitektura qurilish instituti "Qurilish mexanikasi va inshootlar zilzilabardoshligi" kafedrasida professori.

#### **Taqrizchilar:**

A.S.Yuvmetov – O'Zr fa M.T.O'rozboyev nomidagi "Mexanika va inshootlar seysmik mustahkamligi" instituti "Konstruksiyalar mustahkamligi va inshootlar seysmik barqarorligining eksperimentl tadqiqotlari" laboratoriyasi mudiri, Phd.

A.T. Bo'riyev – Toshkent arxitektura qurilish instituti "Qurilish mexanikasi va inshootlar zilzilabardoshligi" kafedrasida dotsenti

Фан бўйича ўқув – услубий мажмуа Тошкент архитектура – қурилиш институти Илмий-услубий Кенгашининг 1 - сонли мажлисида муҳокама этилган ва маъқулланган.

Илмий - услубий Кенгаш раиси



А.Ў.Мирисаев

## MUNDARIJA

1. O'quv materiallari	4
2. Mustaqil ta'lim mashg'ulotlari	154
3. Glossariy	156
Ilovalar:	163
4. Fan dasturi	164
5. Ishchi fan dasturi	175
6. Tarqatma materiallar	190
7. Testlar	215

---

# O'QUV MATERIALLAR

---

## 1–Ma’ruza

### MAVZU: “Tekis kesim yuzalarining inertsiya momentlari”.

#### Reja:

1. Tekis kesim yuzalarining statik momentlari. Tekis kesimning og’irlik markazi.
2. Tekis kesim yuzasining qutb inertsiya momenti. Tekis kesimning o’q va markazdan qochma inertsiya momentlari.
3. Oddiy kesimlarning inertsiya momentlari.

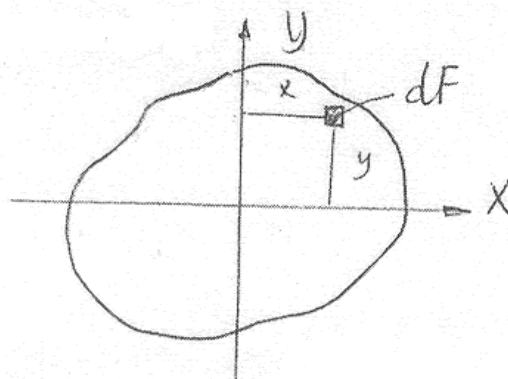
#### 1.1. Tekis kesimlarning o’qlarga nisbatan statik momentlari. Tekis kesimning og’irlik markazi.

Egilish, buralish va murakkab deformatsiyaning ba’zi turlarini o’rganishda brus ko’ndalang kesimining ba’zi geometrik karakteristikalarini kesimning o’qqa nisbatan statik inertsiya momentlari tushunchalaridan foydalaniladi.

F yuzaning **OX** va **OY** o’qlarga nisbatan statik momenti;

$$S_x = \int_{(F)} y dF; \quad S_y = \int_{(F)} x dF \quad (15.1)$$

Integrallar bilan ifodalanadi.



15.1-rasm.

Teng ta’sir etuvchi moment teoremasiga asosan (15.1) ifodalar

$$S_x = F \cdot Y_c; \quad S_y = F \cdot x_c \quad (15.2)$$

ko’rinishini qabul qiladi.

Bu yerda **Us**, **Xs** kesim og’irlik markazining koordinatalari.

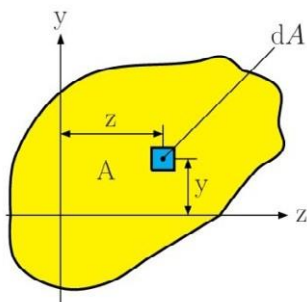
Agar murakkab shaklni og’irlik markazlarining holati ma’lum bo’lgan oddiy shakllarga ajratish mumkin bo’lsa, (15.1) formulani qo’yidagi ko’rinishda yozish mumkin:

$$\left. \begin{aligned} S_x &= F_1 \cdot y_1 + F_2 \cdot y_2 + \dots + F_n \cdot y_n = \sum_{i=1}^n F_i y_i \\ S_y &= F_1 \cdot x_1 + F_2 \cdot x_2 + \dots + F_n \cdot x_n = \sum_{i=1}^n F_i x_i \end{aligned} \right\} (15.3)$$

(15.3), (15.2) formulalar asosida murakkab kesimning og’irlik markazi koordinatalarini aniqlash formulasi xosil qilinadi.

$$x_c = \frac{\sum_{i=1}^n F_i x_i}{\sum_{i=1}^n F_i}, \quad y_c = \frac{\sum_{i=1}^n F_i y_i}{\sum_{i=1}^n F_i} \quad (15.4)$$

A. 1 Yuzaning og'irlik markazi va birinchi tartibli moment



Rasm A.1

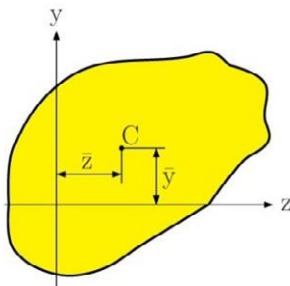
$zy$  tekislikda  $A$  kesim yuzasini ko'ramiz.  $z$  o'qiga nisbatan birinchi tartibli moment quyidagi integral orqali aniqlanadi.

$$Q_z = \int_A z dA \quad (A.1)$$

Xuddi shunday,  $u$  o'qiga nisbatan birinchi tartibli moment

$$Q_y = \int_A y dA \quad (A.2)$$

SI sistemasida birinchi tartibli momentlarning o'lchov birligi  $m^3$  yoki  $mm^3$  bo'ladi

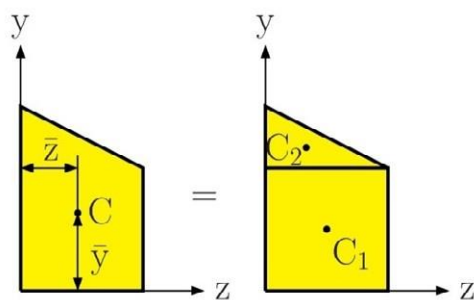


Rasm A.2

Yuzaning og'irlik markazini  $\bar{y}$  va  $\bar{z}$  deb belgilasak, ular quyidagi formula orqali aniqlanadi

$$\bar{y} = \frac{\int y dA}{A}$$

$$\bar{z} = \frac{\int z dA}{A} \quad (A.3)$$



A.3 -rasm

Kesim yuzasi simmetriya o'qiga ega bo'lsa, bu o'qqa nisbatan yuzaning birinchi tartibli momenti nolga teng bo'ladi.

A 3 rasda keltirilgan trapesiyali yuzani ko'rib, uni oddiy geometrik shakllarga ajratamiz. Yuzaning z o'qiga nisbatan birinchi tartibli momenti  $A_1, A_2$  yuzalarning momentlarini yig'indisidan iborat bo'lib, quyidagicha aniqlanadi.

$$Q_z = \int_A y dA = \int_{A_1} y dA + \int_{A_2} y dA = \sum \bar{y}_i A_i \quad (A.4)$$

Mukakkab kesim yuzasining og'irlik markazi quyidagicha aniqlanadi<sup>1</sup>

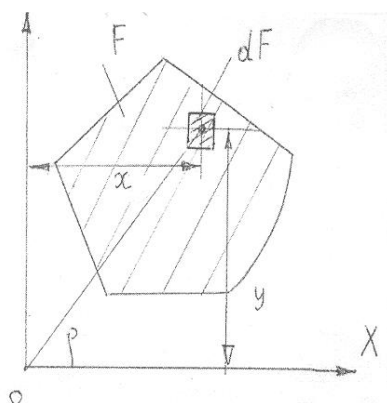
$$\bar{y} = \frac{\sum A_i \bar{y}_i}{\sum A_i} \quad \bar{z} = \frac{\sum A_i \bar{z}_i}{\sum A_i} \quad (A.5)$$

## 1.2. Tekis kesim yuzasining qutb inertsiya momenti. Tekis kesimning o'q va markazdan qochma inertsiya momentlari.

OX va OU o'qlarga nisbatan berilgan (F) tekis kesimning inersiya momentlari mos ravishda

$$J_x = \int_{(F)} y^2 dF, \quad J_y = \int_{(F)} x^2 dF; \quad (15.5)$$

integrallar bilan ifodalanadi.



15.2 – rasm

Tekis kesimning qutb inersiya momenti

$$J_p = \int_{(F)} \rho^2 dF \quad (15.6)$$

<sup>1</sup>Roland Janco, Branislav Hucko. Introduction to Mechanics of Materials-Slovak. Part I. 2013. Pages 135-136.

integrall yordamida hisoblanadi. Bu yerda  $\rho^2 = x^2 + y^2$ .

O'qlarga nisbatan inersiya momentlari  $J_x, J_y$  va qutb inersiya momenti  $J_p$  orasida  $J_p = J_x + J_y$  (15.7)

Tenglik mavjud. Haqiqatdan ham

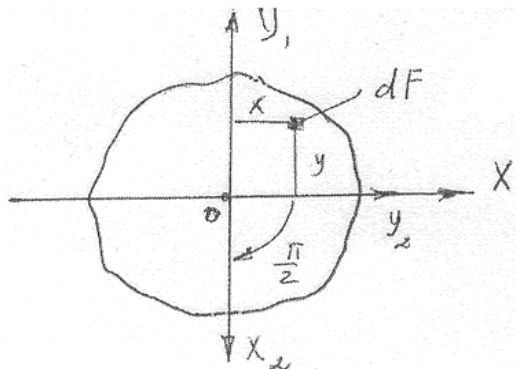
$$J_p = \int_{(F)} (x^2 + y^2) dF = \int_{(F)} x^2 dF + \int_{(F)} y^2 dF = J_x + J_y$$

Tekis kesimning o'qlarga nisbatan markazdan qochuvchi inersiya momenti deb

$$J_{xy} = \int_{(F)} xy dF \quad (15.8)$$

integralga aytiladi.

Mazkur geometrik harakteristika uzunlikning to'rtinchi darajasi bilan o'lchanadi ( $\text{mm}^4, \text{sm}^4, \text{m}^4$ ), ishorasi esa musbat, manfiy va nol bo'lishi mumkin.

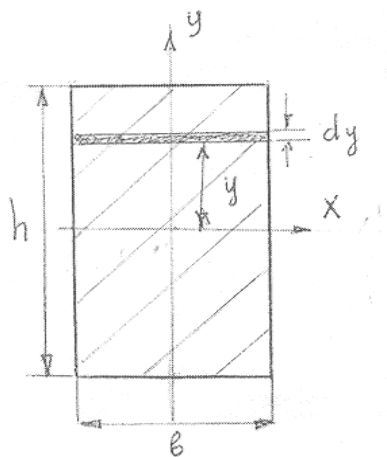


Rasm 15.3

O'qlarga nisbatan markazdan qochuvchi inersiya momentlari muhim hususiyatga ega. Agar  $U_1, X_1$  o'qlarni  $90^\circ$  ga burilsa, yangi  $U_2, X_2$  o'qlarga nisbatan markazdan qochuvchi inersiya momenti faqat ishora bilan farq qiladi, chunki (15.8) formulada integral ostidagi koordinatalar orasida  $U_2 = -X_1$  va  $X_2 = U_1$  bog'lanishlar mavjud.

### 1.3. Oddiy tekis kesimlarning o'qlarga nisbatan inersiya momentlarini hisoblash.

1. To'g'ri burchakli to'rtburchak.



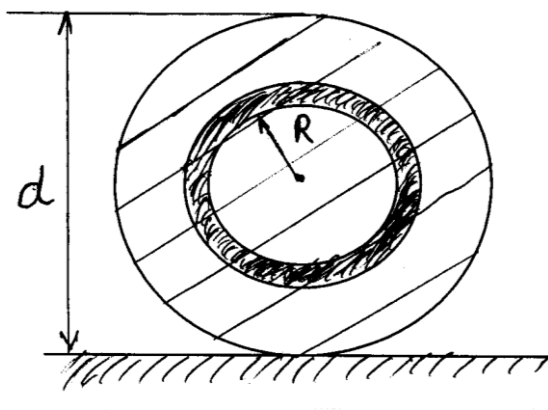
$$J_x = \int_F Y^2 dF, \quad dF = b dy.$$



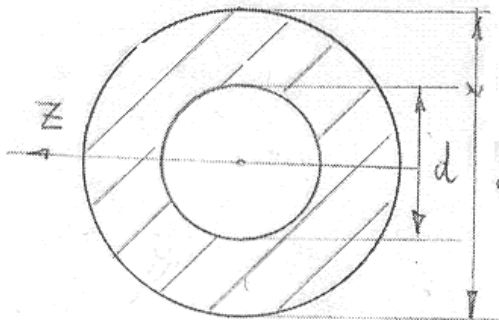
$$J_x = \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} Y^2 b dy = 2b \int_0^{\frac{h}{2}} Y^2 dy = 2b \frac{4^3}{3} \Big|_0^{\frac{h}{2}} = \frac{bh^3}{12}$$

shu usulda  $J_y = \int_F x^2 df = \frac{hb^3}{12}$  ni hisoblab, hosil qilish mumkin.

2. Doira va halqa ko'rinishidagi kesimlar.



$$J_p = \int_{(F)} \rho^2 dF, \quad dF = 2\pi\rho d\rho$$

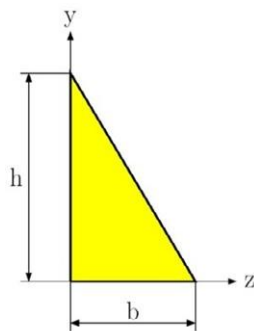


$$J_p = \int_0^R \rho^3 2\pi d\rho = 2\pi \int_0^R \rho^3 d\rho = 2\pi \frac{\rho^4}{4} \Big|_0^R = \frac{\pi R^4}{2}$$

$$R = \frac{d}{2} \quad J_p = \frac{\pi d^4}{32} \quad J_z = \frac{J_p}{2} = \frac{\pi d^4}{64}$$

$$J_z = \frac{\pi D^4}{64} (1-y), \quad y = \frac{d}{D}$$

### A. 01 masala



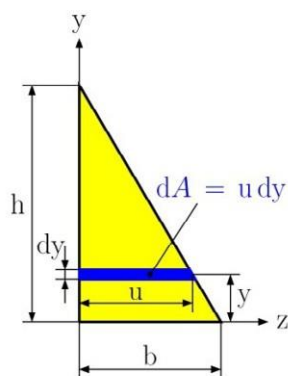
A.4 -rasm

A.4 Rasmda keltirigan uchburchakli yuz uchun quyidagilar aniqlansin: a) z o'qiga nisbatan yuzaning birinchi tartibli moment  $Q_z$  b) yuzaning og'irlik markazini u ordinata o'qi bo'yicha koordinatasi.

Yechish

a) Birinchi tartibli moment  $Q_z$

A.5 -rasm



A.5 rasmda gorizontal uzunligi va qalinligi  $dy$  bo'lgan elementar yuzaga ajratamiz. Uchburchaklarning o'xshashligidan

$$\frac{u}{b} = \frac{h-y}{h} \quad u = b \frac{h-y}{h}$$

va

$$dA = u dy = b \frac{h-y}{h} dy$$

(A.1) tenglamadan foydalanib birinchi tartibli momentni hisoblaymiz

$$Q_z = \int_A y dA = \int_0^h y b \frac{h-y}{h} dy = \frac{b}{h} \int_0^h (hy - y^2) dy$$

$$Q_z = \frac{b}{h} \left[ h \frac{y^2}{2} - \frac{y^3}{3} \right] = \frac{1}{6} bh^2$$

(b) og'irlik markazining ordinatasi

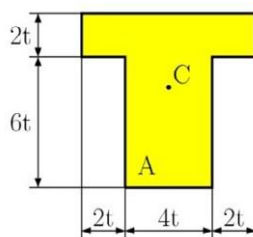
$$A = \frac{1}{2} bh$$

(A.4) formulaga ko'ra va ekanligini hisobga olsak

$$Q_z = A \bar{y} \Rightarrow \frac{1}{6} bh^2 = \frac{1}{2} b y^2 \bar{y} = \bar{y} = \frac{1}{3} h$$

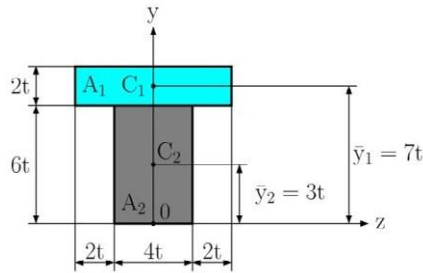
### A.02 masala

A.6 rasmda ko'rsatilgan rasm yuzasining og'irlik markazi aniqlansin



A.6 -rasm

Yechish. Koordinata sistemasini A. 7 rasmda ko'rsatilgandek tanlab olsak, og'irlik markazi  $S$  u o'qida yotadi, chunki  $z$  o'qi markaziy o'q bo'ladi, ya'ni  $\bar{z} = 0$



A.7 –rasm

A yuzani  $A_1 A_2$  qismlarga ajratsak, og'irlik markazini ordinatasi  $\bar{y}$  (A.5) formulaga ko'ra quyidagicha bo'ladi

$$\bar{y} = \frac{\sum_i A_i \bar{y}_i}{\sum_i A_i} = \frac{\sum_{i=1}^2 A_i \bar{y}_i}{\sum_{i=1}^2 A_i} = \frac{A_1 \bar{y}_1 + A_2 \bar{y}_2}{A_1 + A_2}$$

$$\bar{y} = \frac{A_1 \bar{y}_1 + A_2 \bar{y}_2}{A_1 + A_2} = \frac{(2tx8t)x7t + (4tx6t)x3t}{2tx8t + 4t + 6t} = \frac{184t^3}{40t^2} = 4.6t$$

Xuddi shunday A yuzaning u o'qiga nisbatan ikkinchi tartibli momenti yoki inersiya momenti quyidagicha bo'ladi

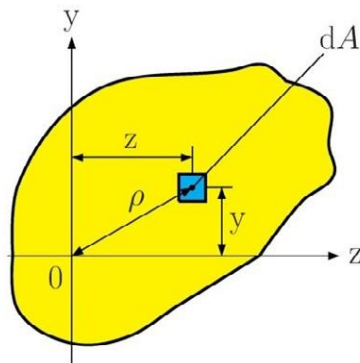
$$I_y = \int_A z^2 dA$$

(A.7)

A yuzani O nuqtaga nisbatan polyar inersiya momenti quyidagi integral orqali aniqlanadi

$$J_o = \int_A \rho^2 dA$$

(A.8)



A.8 –rasm

Bu yerda  $\rho$  -O nuqta bilan  $dA$  yuzacha o'rtasidagi masofa SI sistemasida inersiya momentlarining o'lchov birligi  $m^4$  yoki  $mm^4$  bo'ladi.

Ko'riyatgan yuza uchun polyar inersiya momenti bilan  $J_y$  va  $J_z$  inersiya momentlari o'rtasida muhim bog'lanisho'rnatamiz.  $\rho^2 = y^2 + z^2$  ekanligida, quyidagini aniqlaymiz

$$J_0 = \int_A \rho^2 dA = \int_A (y^2 + z^2) dA = \int_A y^2 dA + \int_A z^2 dA$$

ëκи (A.9)

$$J_0 = I_z + I_y$$

A yuzaning  $z$  o'qiga nisbatan radius inersiyasini  $r_z$  deb belgilasak, u holda bu kattalik uchun quyidagi munosabatni olamiz

$$I_z = r_z^2 A \Rightarrow r_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} \quad (A.10)$$

Xuddi shunday u o'qiga nisbatan va markaziy nuqta  $O$  ga nisbatan inersiya radiuslari aniqlanadi.

$$I_y = r_y^2 A \Rightarrow r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} \quad (A.12)$$

$$J_o = r_o^2 A \Rightarrow r_o = \sqrt{\frac{I_o}{A}}$$

(A.9) tenglamadagi  $J_o, J_y$  va  $J_z$  ifodalarni inersiya radiuslari bilan alashtirib, quyidagi natijani olamiz<sup>2</sup>

$$r_o^2 = r_z^2 + r_y^2 \quad (A.13)$$

### Nazorat uchun savollar

1. Tekis kesimlarning geometrik xarakteristikalari nima uchun kerak?
2. Kesimning statik momenti tushunchasi nimadan iborat?
3. Markaziy o'qlar qanday hususiyatga ega?
4. Oddiy kesimlar deganda nima tushuniladi?
5. Statik moment, inersiya momentlarning o'lcham birliklari?

<sup>2</sup>Roland Janco, Branislav Hucko. Introduction to Mechanics of Materials-Slovak. Part I. 2013. Pages 136-140.

## 2–Ma’ruza

### MAVZU: “Tekis kesim yuzalarining inertsiya momentlari”

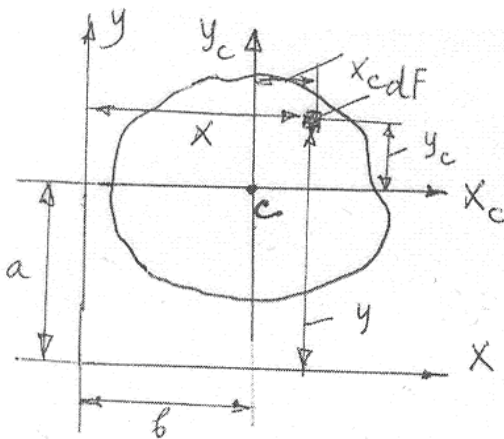
**Reja:**

1. Tekis kesim yuzining markaziy o’qqa parallel o’qqa nisbatan inertsiya momenti. Koordinata o’qlari burilganda inertsiya momentlarining o’zgarishi.
2. Bosh inertsiya o’qlari va bosh inertsiya momentlari

#### 2.1. Markaziy o’qlarga parallel bo’lgan o’qlarga nisbatan tekis kesimning inertsiya momentlari

Ko’ndalang kesim yuzasi  $F$ , hamda uning markaziy  $X_c, Y_c$  o’qlarga nisbatan inertsiya momentlari

$J_{x_c}, J_{y_c}, J_{x_c y_c}$  berilgan bo’lsin (16.1-rasm).



16.1-rasm.

Markaziy o’qlarga parallel bo’lgan  $X$  va  $U$  o’qlarga nisbatan kesimning inertsiya momentini hisoblaymiz.

$$J_x = \int_{(F)} y^2 dF = \int_{(F)} (y_c + a)^2 dF = \int_{(F)} y_c^2 dF + 2a \int_{(F)} y_c dF + a^2 \int_{(F)} dF \quad (A)$$

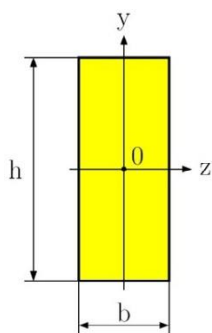
$$\int_{(F)} y_c^2 dF = J_{x_c}; \quad \int_{(F)} y_c dF = S_{2_c} = 0; \quad \int_{(F)} dF = F$$

Ammo, ga teng bo’lgani uchun (A) ifodani  $J_x = J_{x_c} + a^2 F$  ko’rinishda yozamiz  $J_y, J_{xy}$  inertsiya momentlarini ham shu usulda aniqlaymiz. Shunday qilib, yangi  $X, U$  o’qlarga nisbatan inertsiya momentlarini aniqlash formulasi qo’yidagi ko’rinishga ega bo’ladi:

$$\begin{aligned} J_x &= J_{x_c} + a^2 F \\ J_y &= J_{y_c} + b^2 F \quad (16.1) \\ J_{xy} &= J_{x_c y_c} + abF \end{aligned}$$

**A.03 Masala.** A.9 rasmda keltirilgan to'g'ri to'rtburchak shaklidagi kesim yuzasi uchun quyidagilar aniqlansin: markaziy o'qqa nisbatan  $I_z$  inersiya momenti b) shu o'qqa nisbatan inersiya radiusi  $r_z$

**A.9 -rasm**

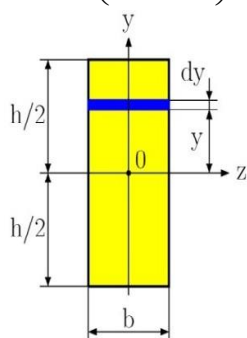


**Yechish**

a) **Inersiya momenti  $I_z$**  Gorizontaal uzunligi  $v$  va  $dy$  bo'lgan elementar yuzaga ajratamiz (A.10 rasm).  $dA = vdy$  ekanligini hisobga olib, (A, v) tenglamaga ko'ra quyidagi natijani olamiz.

$$I_z = \int_A y^2 dA = \int_{-h/2}^{+h/2} y^2 (b dy) = b \int_{-h/2}^{+h/2} y^2 dy = \frac{b}{3} [y^3]_{-h/2}^{+h/2}$$

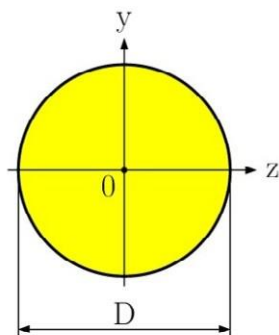
$$I_z = \frac{b}{3} \left( \frac{h^3}{8} + \frac{h^3}{8} \right) \Rightarrow I_z = \frac{1}{12} bh^3$$



**A.10 -rasm**

b) **Inersiya radiusi  $r_z$**  (A.10) tenglamaga ko'ra aniqlaymiz

$$r_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{12}bh}{bh}} = \sqrt{\frac{h^2}{12}} \Rightarrow r_z = \frac{h}{\sqrt{12}}$$



**A.11-rasm**

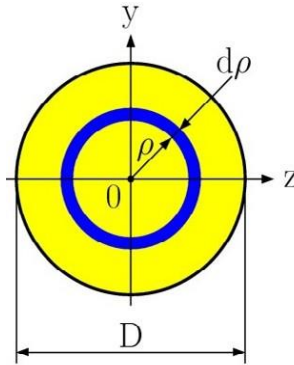
Doira shaklidagi kesim uchun (A.11 rasm): polyar inersiya momenti b)  $I_z$  va  $I_y$  inersiya momentlari aniqlansin

**Yechish**

a) Polyar inersiya momenti. Doira markazidan  $\rho$  oraliqda qalinligi  $d\rho$  bo'lgan halqasimon  $dF$  elementar yuzaga ajratamiz (A.12 rasm). (A.8) tenglamadan foydalanib va  $dA = 2\pi\rho d\rho$  ekanligini hisobga olib, quyidagi natijani olamiz.

$$J_o = \int_A \rho^2 dA = \int_0^{D/2} \rho^2 2\pi\rho d\rho = 2\pi \int_0^{D/2} \rho^3 d\rho,$$

$$J_o = \frac{\pi D^4}{32}$$



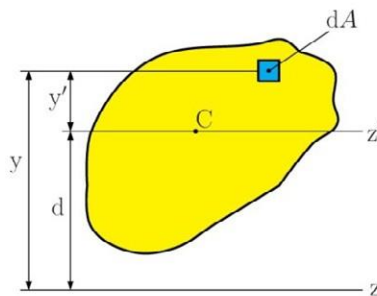
**A.12 -rasm.**

b) **Inersiya momentlari.** Simmetrik doira yuzasi uchun  $I_z = I_y$ . U holda (0.9) tenglamaga ko'ra, quyidagi natijani olamiz

$$J_o = I_z + I_y = 2I_z \Rightarrow I_z = \frac{J_o}{2} = \frac{\pi D^4}{32}$$

$$I_z = I_y = \frac{\pi D^4}{64}$$

**A.3 Parallel o'qlar teoremasi**



**A.13 -rasm**

A kesim yuzasi uchun ixtiyoriy  $z$  o'qiga nisbatan inersiya momenti  $I_z$  ma'lum bo'lsin. Endi kesim yuzasining og'irlik markazidan  $z$  o'qiga o'tkazamiz. (A.13 rasm) elementar  $dA$  yuzacha bilan markaziy  $z$  o'qqiga bo'lgan masofoni  $u^1$  deb belgilansin:  $y = y^1 + d$  bo'ladi. Bu bog'lanishni (A.6) tenglamaga qo'ysak, quyidagi natijani olamiz

$$I_z = \int_A y^2 dA = \int_A (y' + d)^2 dA,$$

$$I_z = \int_A y'^2 dA + 2d \int_A y' dA + d^2 \int_A dA,$$

$$I_z = \bar{I}_z + Q_z' + Ad^2 \quad (\text{A.14})$$

Bu yerda  $\bar{I}_z$  markaziy  $z'$  o'qqa nisbatan inersiya momenti.  $Q_z$ - yuzaning markaziy  $z'$  o'qqa nisbatan birinchi markaziy o'qqa joylashgani uchun  $Q_z = 0$  bo'ladi. U holda quyidagi natijani olamiz

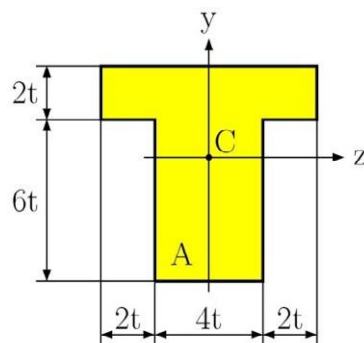
$$I_z = \bar{I}_z + Ad^2 \quad (\text{A.15})$$

Xuddi shunday, kesim yuzasini ixtiyoriy  $O$  nuqtasiga nisbatan polyar momenti bilan shu kesim yuzasining og'irlik markazi  $S$  ga nisbatan polyar momenti bog'lovchi formulani keltirib chiqarish mumkin. Agar  $O$  va  $S$  nuqtalar orasidagi masofani  $d$  deb belgilasak, bu formula quyidagicha yoziladi

$$J_0 = J_c + Ad^2 \quad (\text{A.16})$$

#### A.05 masala

A.14 rasmda keltirilgan yuzaning markaziy  $z$  o'qiga nisbatan inersiya momenti  $I_z$  ni aniqlang (A.14 rasm).



A.14 -rasm

#### Yechish

Avval shakl yuzasining og'irlik markazi aniqlanadi. Berilgan shakl yuzasi uchun og'irlik markazi A.02 masalada aniqlang. Shakl yuzasi  $A$  ni ikkita to'g'ri to'rtburchakli  $A_1$  va  $A_2$  yuzaga ajratib, har bir yuz uchun  $z$  o'qiga nisbatan inersiya momentlarini hisoblaymiz.  $A$  shakl yuzasining inersiya momenti quyidagicha bo'ladi

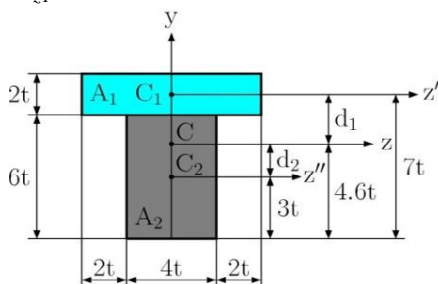
$$I_z = I_{z1} + I_{z2}.$$

Bu yerda  $I_{z1}$   $A_1$  yuzaning  $z$  o'qiga nisbatan inersiya momenti  $I_{z1}$  inersiya momenti parallel o'qlar teoremasiga ko'ra quyidagicha aniqlanadi

$$I_{z1} = \bar{I}_{z1} + A_1 d_1^2 = \frac{1}{12} b_1 h_1^3 + b_1 h_1 d_1^2.$$

$$I_{z1} = \frac{1}{12} \times 8t \times (2t)^3 + 8t \times 2t \times (7t - 4.6t)^2$$

$$I_{z1} = 97.5t^4$$



A.15 -rasm

Xuddi shunday  $A_2$  yuzaning  $z$  o'qiga nisbatan inersiya momentini aniqlaymiz



$$I_{z2} = \bar{I}_{z''} + A_2 d_2^2 = \frac{1}{12} b_2 h_2^3 + b_2 h_2 d_2^2.$$

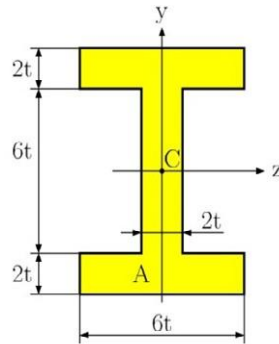
$$I_{z2} = \frac{1}{12} \cdot 4tx(6t)^3 + 4tx6t(4.6t - 3t)^2$$

$$I_{z1} = 133.4t^4$$

U holda A.14 rasmda ko'rsatilgan yuzaning z o'qiga nisbatan inersiya moment quyidagicha bo'ladi

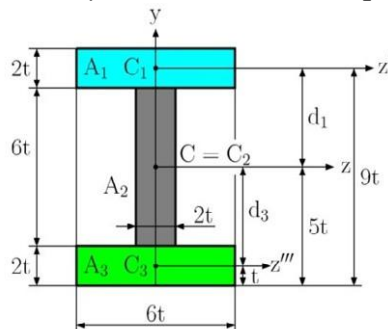
$$I_z = I_{z1} + I_{z2} = 97.5t^4 + 133.4t^4 = 230.9t^4$$

#### A.06 masala



A.16 -rasm

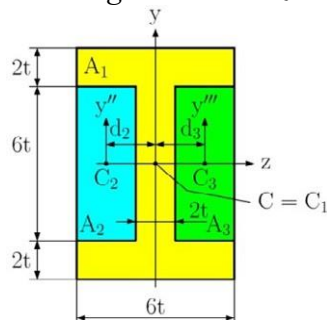
A.14 rasmda ko'rsatilgan yuzaning markaziy z o'qiga nisbatan inersiya momenti  $I_z$ , hamda shu yuzaning markaziy y o'qiga nisbatan inersiya momenti  $I_y$  ni aniqlang



A.17-rasm

Yechish

Avval yuzaning og'irlik markazini aniqlaymiz. Shaklning yuzasi ikkita markaziy o'qqa ega, shuning uchun og'irlik markazi markaziy o'qlarning kesishgan nuqtasida bo'ladi



A.18-rasm

A yuzani uchta to'g'ri to'rtburchakli  $A_1, A_2$  va  $A_3$  yuzalarga ajratamiz. Birinchi usulda ajratilgan yuzani ko'rinishi A.17 rasmda, ikkinchi usulda A.18 rasmda ko'rsatilgan. Ajratilgan A yuzaning (A.17 rasm) inersiya momenti  $I_z$  quyidagicha aniqlanadi.

$$I_z = I_{z1} + I_{z2} + I_{z3},$$

Bu yerda

$$I_{z1} = \bar{I}_{z'} + A_1 d_1^2 = \frac{1}{12} b_1 h_1^3 + b_1 h_1 d_1^2 = \dots = 196t^4,$$

$$I_{z2} = \bar{I}_{z'} + A_2 d_2^2 = \frac{1}{12} b_2 h_2^3 + b_2 h_2 d_2^2 = \dots = 36t^4,$$

$$I_{z3} = \bar{I}_{z''} + A_3 d_3^2 = \frac{1}{12} b_3 h_3^3 + b_3 h_3 d_3^2 = \dots = 196t^4,$$

*U holda quyidagi natijani olamiz*

$$I_z = I_{z1} + I_{z2} + I_{z3} = 196t^4 + 36t^4 + 196t^4 = 428t^4$$

*Inersiya momenti  $I_z$  ni aniqlaymiz*

$$I_y = I_{y1} + I_{y2} + I_{y3}$$

*Bu yerda*

$$I_{y1} = \bar{I}_y = \frac{1}{12} h_1 b_1^3 = \frac{1}{12} x 2tx(6t)^3 = 36t^4,$$

$$I_{y2} = \bar{I}_y = \frac{1}{12} h_2 b_2^3 = \frac{1}{12} x 6tx(2t)^3 = 4t^4,$$

$$I_{y3} = \bar{I}_y = \frac{1}{12} h_3 b_3^3 = \frac{1}{12} x 2tx(6t)^3 = 36t^4.$$

*natijada*

$$I_y = I_{y1} + I_{y2} + I_{y3} = 36t^4 + 4t^4 + 36t^4 = 76t^4.$$

*A. 18 rasmda ko'rsatilgan yuza uchun  $I_z$  inersiya momenti quyidagicha aniqlanadi*

$$I_z = I_{z1} - I_{z2} - I_{z3},$$

*Bu yerda*

$$I_{z1} = \bar{I}_z = \frac{1}{12} b_1 b_1^3 = \frac{1}{12} x 6tx(10t)^3 = 500t^4,$$

$$I_{z2} = \bar{I}_z = \frac{1}{12} b_2 b_2^3 = \frac{1}{12} x 2tx(6t)^3 = 36t^4,$$

$$I_{z3} = \bar{I}_z = \frac{1}{12} b_3 b_3^3 = \frac{1}{12} x 2tx(6t)^3 = 36t^4.$$

*natijada*

$$I_z = I_{z1} - I_{z2} - I_{z3} = 36t^4 - 36t^4 = 428t^4.$$

*Endi  $I_y$  inersiya momentini aniqlaymiz*

$$I_y = I_{y1} - I_{y2} - I_{y3},$$

*Bu yerda*

$$I_{y1} = \bar{I}_y = \frac{1}{12} h_1 b_1^3 = \frac{1}{12} x 10tx(6t)^3 = 180t^4.$$

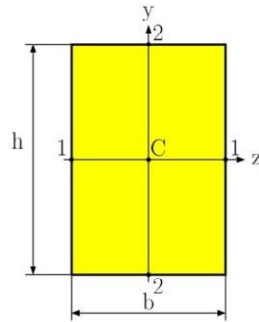
$$I_{y2} = \bar{I}_y = \frac{1}{12} h_2 b_2^3 + h_2 b_2^2 = \frac{1}{12} x 6tx(2t)^3 = 6tx 2t(2t)^2 = 52t^4,$$

$$I_{y3} = \bar{I}_y = \frac{1}{12} h_3 b_3^3 + h_3 b_3 d_3^2 = \frac{1}{12} x 6tx(2t)^3 + 6tx 2tx(2t)^2 = 52t^4.$$

*Natijada*

$$I_y = \bar{I}_{y1} - \bar{I}_{y2} - \bar{I}_{y3} = 180t^4 - 52t^4 - 52t^4 = 76t^4$$

**A.07 masala.**



A.19 -rasm

Ko'ndalang kesim to'g'ri to'rtburchakli valni buralishni  $b > h$  xol uchun ko'ramiz (S.P.Timoshenko, N.Gud'er)

$$J = \gamma b^3 h, \quad (A.17)$$

$$S_1 = \alpha b^2 h, \quad (A.18)$$

$$S_2 = \beta b h^2, \quad (A.19)$$

Bu yerda  $d$ ,  $\beta$  va  $\gamma$  parametrlar A.1 jadvalda berilgan. 1 va 2 nuqtalardagi urinma kuchlanishlar quyidagicha aniqlanadi.

$$\tau_1 = \tau_{\max} = \frac{T}{S_1}, \quad \tau_2 = \frac{T}{S_2}, \quad (A.20)$$

Bu yerda  $T$  qo'yilgan burovchi moment

**A.1 jadval**

$h/b$	1	1.2	1.5	2	3	5	10	>10
□	0.208	0.219	0.231	0.246	0.267	0.291	0.313	1/3
□	0.208	0.196	0.180	0.155	0.118	0.078	0.042	0
y	0.1404	0.166	0.196	0.229	0.263	0.291	0.313	1/3

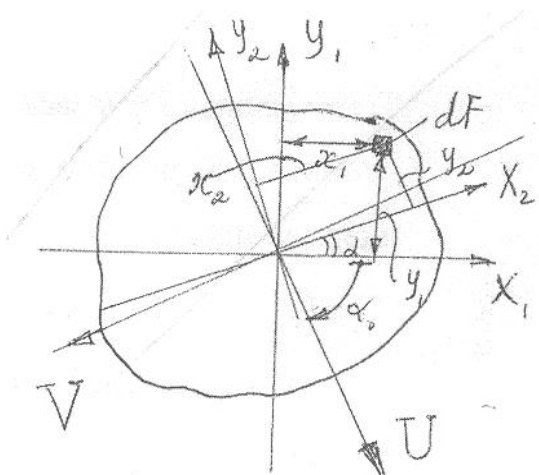
$$I_{y'z'} = \int_A y' z' dA = \int_A (z + m) dA = \int_A y z dA + \int_A m n dA + \int_A y m dA = \int_A n z dA.$$

S nuqta og'irlik markazida bo'lgani uchun so'nggi ikki integral nolga teng, shuning uchun (A.20b) formula kelib chiqadi<sup>3</sup>.

<sup>3</sup>Roland Janco, Branislav Hucko. Introduction to Mechanics of Materials-Slovak. Part I. 2013.Pages 141-151.

## Tekis kesimning bosh inersiya o'qlarini va bosh inersiya momentlarini aniqlash.

Tekis kesimning yuzasi  $F$ , hamda  $X_1, U_1$  o'qlarga nisbatan inersiya momentlari  $J_{x_1}, J_{y_1}, J_{x_1 y_1}$  berilgan bo'lsin.



17.1-rasm.

$OX_1, OU_1$  o'qlarni  $O$  nuqta atrofida  $\alpha$  burchakka buramiz va hosil bo'lgan o'qlar  $OX_2, OU_2$  ga nisbatan  $J_{x_2}, J_{y_2}, J_{x_2 y_2}$  inersiya momentlar:

$$J_{x_2} = \int_{(F)} Y_2^2 dF \quad J_{y_2} = \int_{(F)} X_2^2 dF \quad J_{x_2 y_2} = \int_{(F)} X_2 Y_2 dF \quad (A)$$

formula bilan hisoblanadi.

Analistik geometriyadan  $dF$  yuzachaning koordinatalari quyidagi formula asosida aniqlanadi:

$$Y_2 = Y_1 \cos \alpha - X_1 \sin \alpha \quad (V)$$

$$X_2 = X_1 \cos \alpha + Y_1 \sin \alpha$$

(V) ifodalarni (A) integralga olib qo'yib, murakkab hisoblardan so'ng hosil qilamiz:

$$\begin{aligned} J_{x_2} &= J_{y_1} \cos^2 \alpha + J_{x_1} \sin^2 \alpha - J_{x_1 y_1} \sin 2\alpha \\ J_{y_2} &= J_{y_1} \sin^2 \alpha + J_{x_1} \cos^2 \alpha + J_{x_1 y_1} \sin 2\alpha \end{aligned} \quad (17.2)$$

$$J_{x_2 y_2} = \frac{J_{x_1} - J_{y_1}}{2} \sin 2\alpha + J_{x_1 y_1} \cos 2\alpha$$

Agarda boshlang'ich o'qlar  $X_1, U_1$  bosh o'qlardan iborat bo'lsa, bu o'qlarga nisbatan inersiya momentlar

$$\begin{aligned} J_{y_2} &= J_{y_1} \cos^2 \alpha + J_{x_1} \sin^2 \alpha \\ J_{x_2} &= J_{y_1} \sin^2 \alpha + J_{x_1} \cos^2 \alpha \\ J_{x_2 y_2} &= \frac{J_{x_1} - J_{y_1}}{2} \sin 2\alpha \end{aligned} \quad (17.3)$$

ko'rinishni qabul qiladi.

Amaliy nuqtai nazardan inersiya momentlar eng katta qiymatga erishadigan o'qlarning holatini aniqlash ahamiyatga ega.

Buning uchun (8.2)ni ekstremumga tekshiramiz:

$$\frac{dJ_{x_2}}{d\alpha} = 0 \Rightarrow \frac{J_{x_1} - J_{y_1}}{2} \sin 2\alpha + J_{x_1 y_1} \cos 2\alpha = 0 \quad (17.4)$$

hosil bo'lgan tenglamani (a) (17.4) formulaning uchinchi qatori bilan solishtirilsa qo'yidagixulosaga kelamiz:

Inersiya momentlar ekstremumga erishadigan o'qlarga nisbatan markazdan qochuvchi inersiya moment nolga teng bo'lar ekan. Bunday o'qlarni bosh o'qlar deb ataladi. Mazkur o'qlarni U, V bilan ularni holatini ifodalovchi burchakni  $\alpha_0$  deb belgilansa yuqoridagi ta'rifni

$$J_{UV} = \frac{J_{x_1} - J_{y_1}}{2} \sin 2\alpha_0 + J_{x_1 y_1} \cos 2\alpha_0 = 0 \quad (17.5)$$

formula ko'rinishida yozish mumkin.

(17.5) tenglamadan bosh o'qlarning holatini aniqlovchi burchak  $\alpha_0$ ni aniqlash formula:

$$\operatorname{tg} 2\alpha_0 = -\frac{2J_{x_1 y_1}}{J_{x_1} - J_{y_1}} \quad (17.6)$$

ni hosil qilamiz.  $\alpha_0$  burchagining qiymatini (10.4) ifodalarga olib borib qo'yib bosh inersiya momentlarini aniqlash formulasini hosil qilamiz.

$$J_{\max/\min} = J_{UV} = \frac{1}{2} \left[ J_{x_1} + J_{y_1} \pm \sqrt{(J_{x_1} - J_{y_1})^2 + 4J_{x_1 y_1}^2} \right] \quad (17.8)$$

**Bosh o'qlar va bosh inersiya momentlari.** Ularga nisbatan olingan markazdan qochma inersiya momenti nolga teng bo'ladigan o'qlar *Bosh o'qlar* deb ataladi.

Kesimning og'irlik markazi orqali o'tadigan bosh o'qlar *Bosh markaziy o'qlar* deyiladi.

Bosh o'qlarga nisbatan olingan inersiya momentlari *Bosh inersiya momentlari* deb ataladi.

O'qlardan biriga nisbatan olingan bosh inersiya momentlari eng katta /  $I_u = I_{\max}$  / , boshqasiga nisbatan olinganlari eng kichik bosh inersiya momentlari /  $I_v = I_{\min}$  / deb ataladi va quyidagi formuladan aniqlanadi.

$$I_{\max, u} = \frac{1}{2} (I_y + I_z \pm \sqrt{(I_y - I_z)^2 + 4I_{yz}^2}) \quad (17.9)$$

Ildiz oldidagi musbat belgisi  $I_{\max}$  ni aniqlayotganda, manfiy belgisi esa  $I_{\min}$  ni aniqlayotganda olinadi.

Bosh o'qlarning vaziyati bosh o'q  $u$  ning  $u$  o'qi bilan tashkil qilgan burchagi  $\alpha$  orqali aniqlanadi va quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2I_{yz}}{I_z - I_y} \quad (17.10)$$

Musbat burchak  $\alpha$   $u$  o'qdan boshlab soat mili yo'nalishiga teskari, manfiy bo'lgan holda esa soat mili yo'nalishi bo'ylab qo'yiladi.

Agar kesimning simmetrik o'qi mavjud bo'lsa, ana shu o'q bosh o'q deb hisoblanadi. Agar kesimning ikki simmetriya o'qi mavjud bo'lsa, bu o'qlar bosh markaziy o'qlar hisoblanadi.

### Inersiya radiusi va ellipsi.

Quyidagi miqdorning musbat qiymati nosimmetrik kesimning tegishli o'qlariga nisbatan olingan inersiya radiuslari deyiladi va u quyidagicha ifodalanadi:

$$\left. \begin{aligned} i_y &= \sqrt{\frac{I_y}{F}} \\ i_z &= \sqrt{\frac{I_z}{F}} \end{aligned} \right\} \quad (17.11)$$

Quyidagi tenglamaga muvofiq tuzilgan ellips inersiya ellipsi deb ataladi.

$$\frac{y^2}{i_z^2} + \frac{z^2}{i_y^2} = 1 \quad (17.12)$$

Odatda inersiya ellipsi bosh markaziy o'qlarga quriladi.

### Kesimlarning qarshilik momentlari

Bir jinsli brus ko'ndalang kesimining qarshilik momentlari unga tashqi kuchlar **qarshilik** qilgandagi mustahkamligini xarakterlaydi. Egilish va buralishdagi kuchlar ta'sirida vujudga keladigan maksimal zo'riqish qarshilik momentiga teskari proporsional. Brusni mustahkam bo'lishi uchun kesimning qarshilik momenti iloji boricha katta bo'lishi kerak. Qarshilik momenti o'q(ekvatorial) va qutb momentlari kabi xillarga ajratiladi.

Nosimmetrik kesimning kesim tekisligida yotgan o'qqa nisbatan o'q(ekvatorial) qarshilik momenti deb, ayni kesimning shu o'qqa nisbatan o'q inersiya momentining eng uzoq kesim nuqtasidan o'tgan o'qqacha bo'lgan masofaga nisbatiga aytiladi, ya'ni:

$$\left. \begin{aligned} W_y &= \frac{I_y}{z_{\max}} \\ W_z &= \frac{I_z}{y_{\max}} \end{aligned} \right\} \quad (17.13)$$

Nosimmetrik kesimning shu kesim tekisligidagi biror nuqta(qutb)ga nisbatan qutb qarshilik momenti deb, kesimning shu nuqtaga nisbatan qutb inersiya momentining eng uzoq kesim nuqtasidan qutbgacha masofaga nisbatiga aytiladi, ya'ni:

$$W_p = \frac{I_p}{\rho_{\max}} \quad (17.14)$$

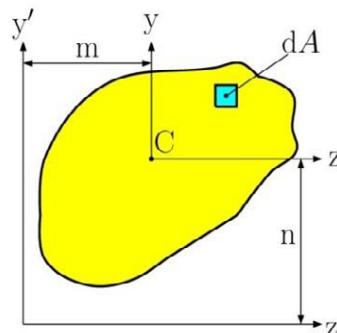
O'q va qutb qarshilik momenti uchinchi darajali uzunlik birligida o'lchanadi / $mm^3, sm^3, m^3$ /.

#### A.4 Markazdan qochirma inersiya moment .

##### Bosh markaziy o'qlar

$$I_{yz} = \int_A yz dA \quad (A.20a)$$

Kesim yuzasidan ajratilgan hamma elementar yuzalarning koordinata o'qlariga bo'lgan oraliqlariga ko'paytmalarining yig'indisi shu kesim yuzining markazdan qochirma inersiya momenti deyiladi. Agar ko'ndalang kesim yuzasi  $y, z$  simmetriya o'qlariga ega bo'lsa (A.19 rasm), u holda markazdan qochirma inersiya momenti nolga teng bo'ladi. Umumiy holda, ixtiyoriy ko'ndalang kesim yuzasi uchun va undagi ixtiyoriy nuqta uchun o'zaro perpendikulyar o'qlar topish mumkinki, bu o'qlarga nisbatan markazdan qochirma inersiya momenti nolga teng bo'ldai. Bunday o'qlar bosh o'qlar deyiladi. Agar bosh o'qlar og'irlik markazidan o'tsa, ular bosh markaziy o'qlar deyiladi.



A.19a-rasm

Agar ko'ndalang kesim yuzasining og'irlik markazidan o'tgan  $u$  va  $z$  o'qlarga nisbatan markazdan qochirma inersiya momentlari ma'lum bo'lsa, bu o'qlarga parallel  $u'$  va  $z'$  o'qlarga nisbatan markazdan qochirma inersiya momentlari quyidagicha aniqlanadi

$$I_{y'z'} = I_{yz} + Amn \quad (A.20b)$$

dAyuzaning koordinatalari yangi koordinata sistemasida quyidagicha <sup>4</sup>

$$y' = y + n; \quad z' = z + m;$$

### Nazorat uchun savollar

1. Kesimning eng kichik inersiya momenti qaysi o'qlarga nisban bo'ladi?
2. Parallel o'qlar orasidagi masofa ortib borganda inersiya momentlari qanday qonuniyatlar bilan o'zgaradi.?
3. Bosh inersiya o'qlari deb qanday o'qlarga aytiladi?
4. Bosh o'qlar soni nechta va ular qanday hususiyatga ega?
5. Simmetrik kesimlarning bosh o'qlar qanday yo'nalgan bo'ladi?

---

<sup>4</sup>Roland Janco, Branislav Hucko. Introduction to Mechanics of Materials-Slovak. Part I. 2013. Page 151.

### 3–Ma’ruza

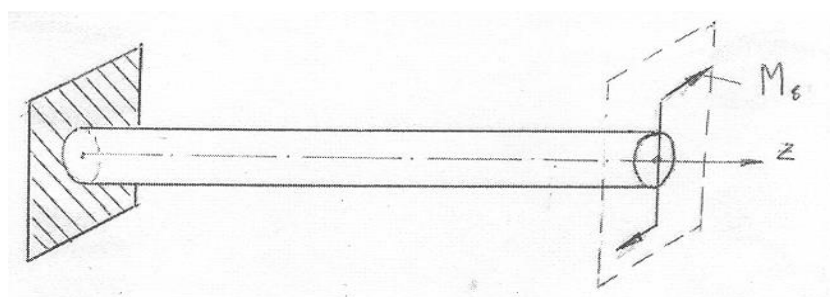
#### MAVZU: “Buralishda kuchlanish va deformatsiya.”

##### Reja:

1. Buralish. Asosiy tushunchalar. Doiraviy kesimli sterjenning buralishi. Burovchi moment. Burovchi momentni quvvat orqali ifodalash.
2. Doiraviy kesimli sterjenning buralishidan hosil bo’lgan kuchlanish.
3. Doiraviy kesimli sterjenning buralishidagi deformatsiyasi.

#### 3.1.Buralish deformatsiyasi. Ichki kuchlarni aniqlash

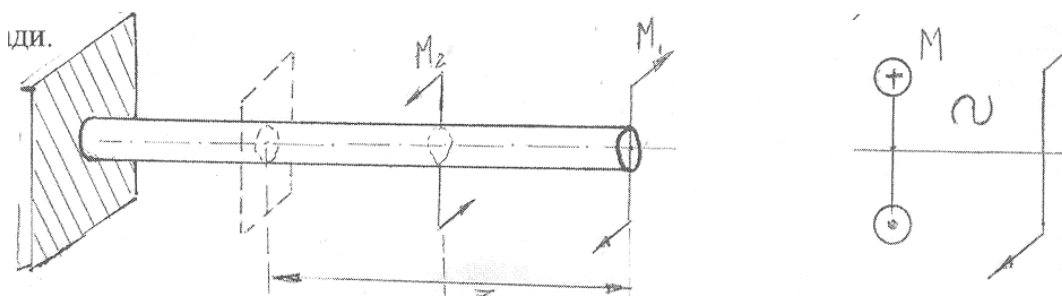
Silindirik sterjen bir uchi mahkamlanib, ikkinchi uchining ko’ndalang kesimiga juft kuch ta’sir ettirilsa, sterjen buraladi; uning ko’ndalang kesimlari mahkamlangan kesimga nisbatan aylanadi. (40-rasm ). Ta’sir ettirilgan juft kuch momenti burovchi moment bo’ladi va  $M_b$  bilan belgilanadi.



18.1-rasm

Brus kesimidagi burovchi moment deb shu kesimdan bir tomonda ta’sir etuvchi momentlarning algebrik yig’indisiga aylandi. Texnikada, mashinasozlikda buralishga ishlaydigan elementlarni val deb ataladi. Valni mustahkamlikka, bikirlikka hisoblash uchun uning uzunligi davomida burovchi momentlarning o’zgarib borishi qonuniyatini bilish zarur. Bu qonuniyatning grafik tasvirini burovchi momentlar epyurasi deb ataladi.

Burovchi momentlarning epyuralarini qurishda ishora qoidasiga amal qilinadi.



18.2–rasm

Texnikada tashqi va burovchi momentlarni belgilashda (18.2-rasm,a) maxsus belgilardan foydalaniladi: bu yerda (·) belgi-strelka uchini, ⊕ -strelka oxirini ko’rsatadi. “k” kesim tomondan qaraganda moment soat strelkasiga teskari yo’llangan bo’lsa, musbat, qarshi yo’nalgan bo’lsa manfiy deb qabul qilingan. Kesimdagi noma’lum burovchi moment dastlab musbat yo’nalishda belgilab olinadi. Burovchi momentni aniqlash uchun valning qo’rilayotgan qismi uchun muvozanat tenglama tuziladi.(18.2-rasm,a).

$$\sum_{momz} = M_{\sigma} - M_2 + M_1 = 0, \quad M_{\sigma} = M_2 - M_1$$



Valning ma'lum kesimlaridagi burovchi moment qiymatlarini shu usulda aniqlanadi va burovchi momentlar epyurasi quriladi. Masalan, a-rasmdagi val uchun burovchi momentlar epyurasi (b qaerda rasm)da tasvirlangan grafik ko'rinishida bo'ladi.

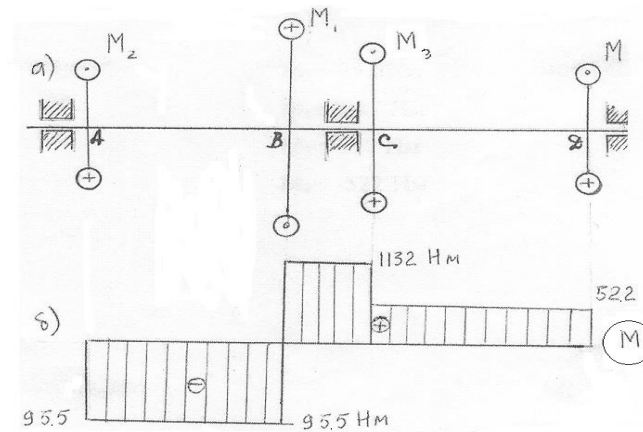
(Nm)

$$M_1 = 208,7$$

$$M_2 = 95,5$$

$$M_3 = 61,0$$

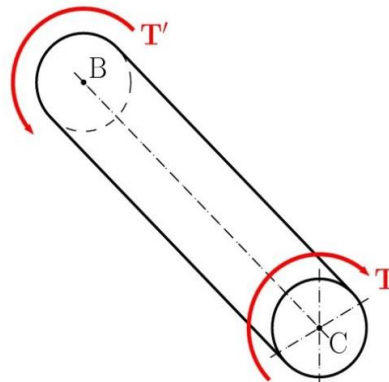
$$M_4 = -52,2$$



18.3-rasm

Burovchi moment eng katta qiymatga erishgan kesimni valning xavfli kesimi deb ataladi. Yuqorida tasvirlangan val uchun **BC** oraliqdagi barcha kesimlar xavfli kesim, chunki bu oraliqdagi burovchi moment maksimal qiymatga ega.

### 3. Buralash

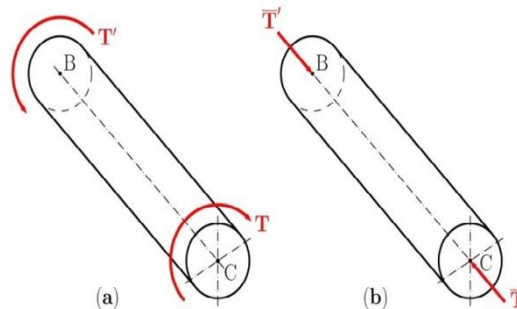


#### 3.1. rasm. Buralish holatidagi brus

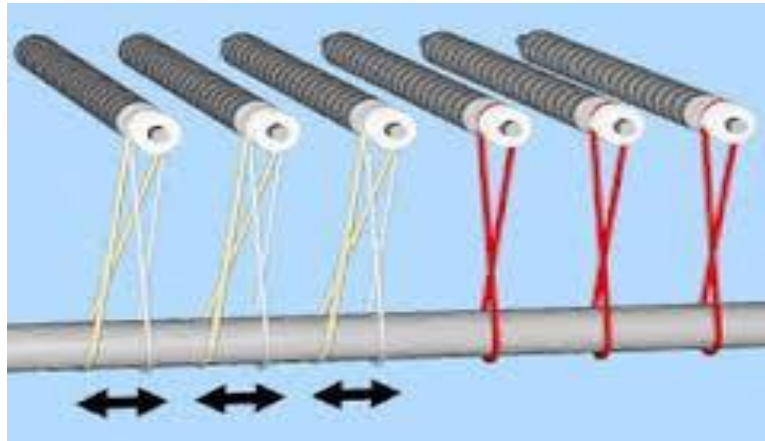
Avvalgi bobda brusning o'q bo'ylab yo'nalgan kuch bilan yuklangan holatini ko'rib chiqildi va shu holda kuchlanish va deformatsiyalar tahlil qilindi. Endilikda  $T$  va  $T_1$  juft kuchlar yoki momentlar qo'yilgan brus kuchlanish va deformatsiya holatini ko'rib chiqamiz. 3.1 rasm. Momentlar bir-biriga teng va qarama-qarshi yo'nalgan bo'lib strelkali yoylar yoki qarama-qarshi yo'nalgan vektorlar ko'rinishida qo'yiladi. 3.2 rasm.

#### 1.2

rasm. Burovchi momentlarning berilish turlari

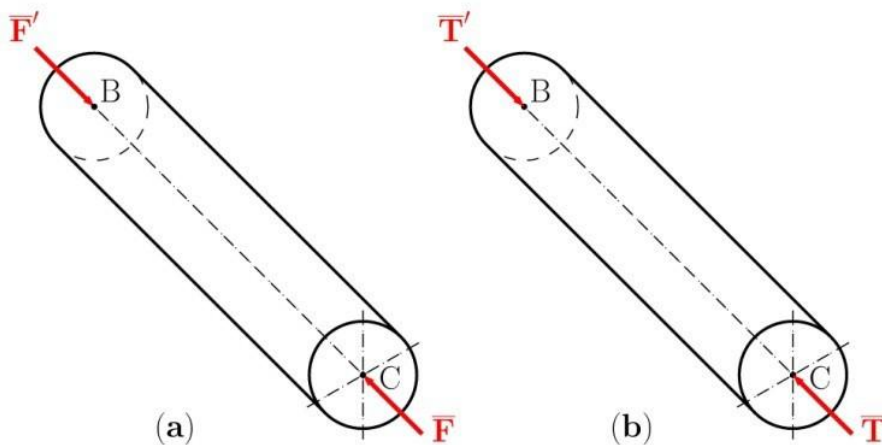


Buralish juda ko'p muxandislik masalalarida uchraydi. Buralishga ishlaydigan vallar energiyani bir nuqtadan boshqasiga uzayishga ishlaydi. Vallar avtomobil va energetika sohaslarida muhim o'rin tutadi 3.3 rasmda vallarga misollar keltirilgan.



### 3.3 rasm. Uzatuvchi vallar

Markaziy qo'yilgan yuk bilan burovchi kuch orasida o'xshashlik mavjud. Har 2 ta markaziy qo'yilgan kuch  $F$  va burovchi moment sterjen o'qi bo'ylab qo'yiladi. 3.4rasmga qarang. Deformatsiyaga hisoblashda shu parallelikka ahamiyat beriladi.

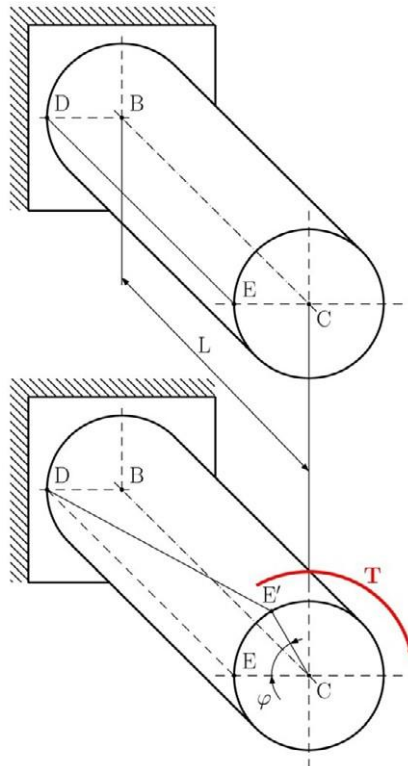


### 3.4 rasm Parallelizm

Bu bobda buralish masalalariga 2 xil yondashuv ko'rib chiqilgan. Dastlab ko'ndalang kesim doira shakldagi ko'ndalang kesimga ega sterjenlarning buralishi, so'ng doira shakliga ega bo'lmagan vallarning buralishi ko'rib o'tirgan.

### 3.2 Doiraviy vallarning deformatsiyasi

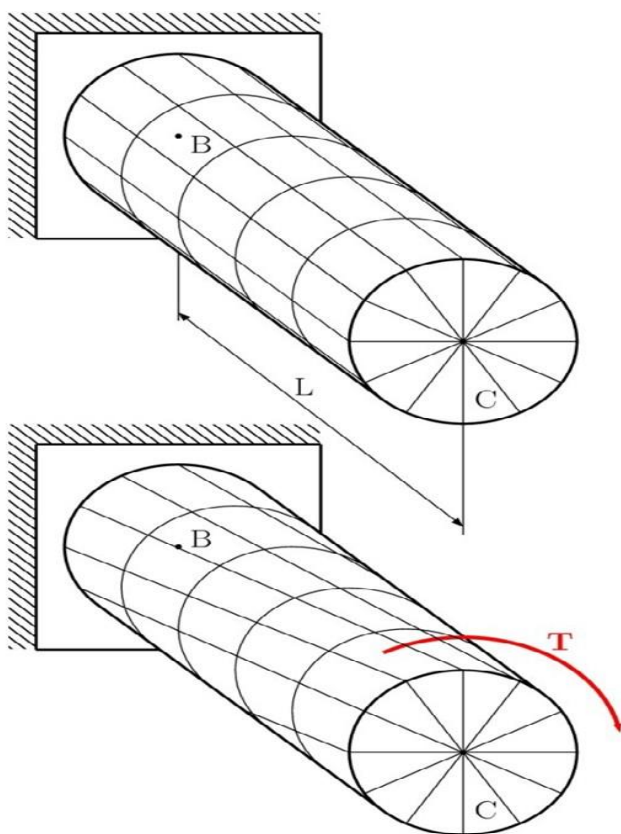
#### 3.5 rasm



V nuqtada mahkamlangan, ikkinchi uchi ozod bo'lgan doiraviy valni ko'rib chiqamiz. 3.5 rasm. Valning uzunligi  $L$ , doiraviy ko'ndalang kesim yuzasi  $A$  ga teng. Agar  $T$  moment  $S$  nuqtaga qo'yilgan bo'lsa (valning ozod uchi), val buraladi, ya'ni valning ozod uchi val o'qi atrofida  $\varphi$  buralish burchagiga buraladi va val o'qi kuch ta'sirida to'g'ri chiziqli shaklini saqlaydi.

Valga yuk qo'yishdan avval uning silindrik yuzasiga kvadrat to'r, diametral yuzasiga o'zaro teng chiziqlar chizilgan. (3.6 rasm) Yuk qo'yilgandan keyin  $5^\circ$  dan kam bo'lgan buralish burchagida shakl o'zgarishini kuzatish mumkin. 3.6 b rasm.

1. buralgan. Silindr yuzasidagi chiziqlar bir xil  $\varphi$  burchakka
2. har bir doira shakli ham o'zgarmaydi. Froktol kesim boshlang'ichtekislikda qoladi, shuningdek
3. Oldingi yuzadagi diametrlar to'g'ri shaklini saqlaydi.
4. Konsentrik aylanalar orasidagi masofa o'zgaraydi.



**3.6 rasm**

*Eksperimental kuzatishlar natijasida quyidagi gipotizalar tasdiqlanadi:*

1. *Barcha ko'ndalang kesimlar deformatsiyadan keyin o'q tekislikda qoladi.*
2. *Barcha kesimlar diametrlari to'g'ri chiziqli shaklini saqlaydi.*
3. *Ihtiyoriy kesimlar orasidagimasofa o'zgarishsiz qoladi.*

*Yuqoridagi gipotizalar o'q bo'ylab deformatsiyasiz holda olingan. Izotronmaterial uchun o'rinli<sup>5</sup>*

$$\varepsilon_x = 0 \Rightarrow \varepsilon_y = \varepsilon_z = 0 \quad (3.1)$$

### **3.2.Val kesimlaridagi kuchlanish va deformatsiyasini aniqlash.**

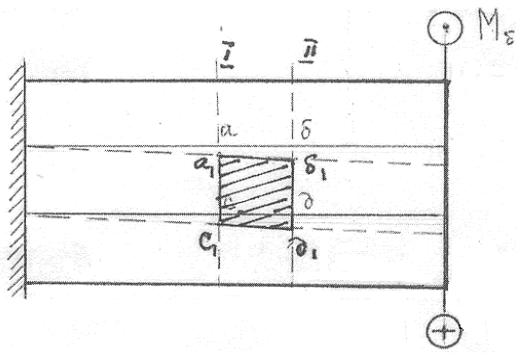
Buralish deformatsiyasini o'rganish, uning nazariy asoslarini yaratish uchun juda ko'p tajribalar o'tkazilgan 18.4 – rasmda mazkur tajribalardan kichik bir lavha keltirilgan. Rasmda valning buralishi natijasida uning sirtiga chizilgan kvadrat romb shaklini qabul qilyapti. Kvadratning **as** va **bd** tomoni **as** tomonga nisbatan siljiyapti va h.k.

Xullas, jami tajribalardan olingan natijalarni umumlashtirganda qo'yidagi xulosalar – buralishi nazariyasining ish gipotizalarini hosil qilinadi.

Valning buralishi davomida:

1. Ikkita ko'ndalang kesim orasidagi masofa o'zgarmaydi:
2. Val ko'ndalang kesimining radiuslari to'g'ri chiziqli shaklini saqlaydi:
3. Deformatsiya davomida tekis ko'ndalang kesimlar tekisligicha qoladi, faqat o'zaro ma'lum burchakka buriladi.

<sup>5</sup>Roland Janco, Branislav Hucko. Introduction to Mechanics of Materials-Slovak. Part I. 2013. Pages 86-90.



Valning I va II ko'ndalang kesimlari orasida sof siljish deformatsiyasi sodir bo'layotganligi ko'rinib turibdi, demak valning ko'ndalang kesimlarida faqat urinma kuchlanishlar hosil bo'ladi.

Val ko'ndalang kesimining istalgan nuqtasidagi urinma kuchlanish:

$$\tau = \frac{M_{\sigma} \cdot \rho}{J_p} \quad (18.1)$$

formula bilan aniqlanadi.

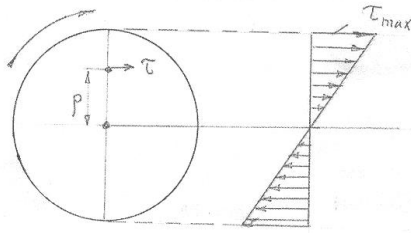
18.4- rasm

Bu formulada:

$M_{\sigma}$  -burovchi momentning kuchlanishi aniqlanayotgan kesimdagi qiymati:

$\rho$ -kuchlanish aniqlanayotgan nuqtadan val ko'ndalang kesimi markazigacha bo'lgan masofa

$J_p$  -ko'ndalang kesim yuzining qutb inersiya momenti (18.5- rasm).



18.5 –rasm

$$\frac{M_{\sigma}}{J_p} = const$$

Alohida kesim uchun bo'lganligi uchun kuchlanish faqat  $\rho$  ga bog'liq bo'ladi.

$$\rho = 0 \text{ da } \tau = 0$$

$$\rho = \rho_{\max} = \frac{d}{2} \text{ da } \tau_{\max} = \frac{M_{\sigma} \cdot \rho_{\max}}{J_p}$$

(18.2)

Demak valning radiusi bo'yicha urinma kuchlanish chiziqli qonuniyat bilan o'zgarib boradi, eng katta qiymatga val kesimning chetki nuqtalarida erishadi. (45 – rasm)

$$W_p = \frac{J_p}{\rho_{\max}}$$

(18.2) formulada , belgi kiritib qo'yidagi:

$$\tau_{\max} = \frac{M_{\sigma}}{W_p}$$

(18.3)

ko'rinishda yozish mumkin. Bu yerda  $W_p$  ni val ko'ndalang kesimining qutb qarshilik momenti deb ataladi.

$$W_p = \frac{J_p}{\rho_{\max}} = \frac{\pi d^3}{32} : \frac{\pi d^3}{16}$$

Doiraviy ko'ndalang kesim uchun halqasimon kesim uchun

$$W_p = \frac{\pi D^3}{16} (1 - C^3), C = \frac{d}{D};$$

$d$  – halqaning ichki;  $D$  – tashqi diametrlari.

### 3.3. Buralishda mustahkamlik va bikirlik shartlari. Doiraviy kesimli sterjenni mustahkamlikka va bikirlikka hisoblash.

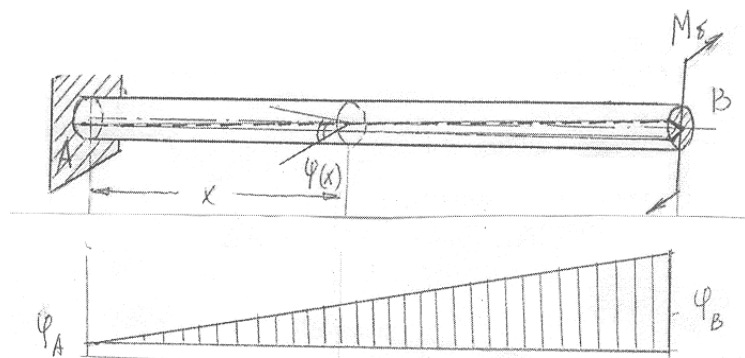
Valning xavfli kesimdagi eng katta kuchlanish (13.3) ga asosan:  $\tau_{\max} = \frac{M_{\sigma}^{\max}}{W_p}$  ga teng bo'ladi, valning mustahkamlik sharti:

$$\tau_{\max} = \frac{M_{\sigma}^{\max}}{W_p} \leq [\tau] \quad (19.1)$$

ko'rinishga ega bo'ladi.

Ko'p holatlarda val uzatayotgan quvvat ot kuchi yoki kilovat o'lchovlarida beriladi. U holda  $M_{\sigma} = 7162 \frac{N}{n} HM$  - ot kuchi o'lchovida; bu yerda  $N$  - ot kuchi,  $n$  - valning 1 minutdagi aylanish tezligi yoki  $M_{\sigma} = 9736 \frac{K}{n} HM$  - kilovatt o'lchovida; bu yerda  $K$  - quvvatning kilovatt qiymati.

Qayta ko'rish Valning buralishdagi deformatsiyasi joriy ko'ndalang kesimning biror sharli qo'zg'almas kesimga nisbatan buralish burchagi  $\varphi$  bilan o'lchanadi. (19.1-rasm) va  $\varphi(x) = \frac{M_s \cdot x}{GJ_p}$  (19.0) formula bilan aniqlanadi.



19.1-rasm

(S) kesim (A) tayanchdan uzoklashgan sari  $\varphi$  chiziqli qonuniyat bilan ortib boradi. (B) kesimning (A) tayanch kesimiga nisbatan buralish burchagi

$$\varphi = \frac{Ml}{GJ_p} \quad (19.2)$$

Formula bilan aniqlanadi. (19.2-rasm b) da buralish burchagi  $\varphi$  ning epyurasi tasvirlangan.

Val mustahkam bo'lishi bilan bir qatorda bika ham bo'lishi zarur, aks holda val prujinalash hususiyatiga ega bo'lib qoldi. Valning bikirlik sharti.

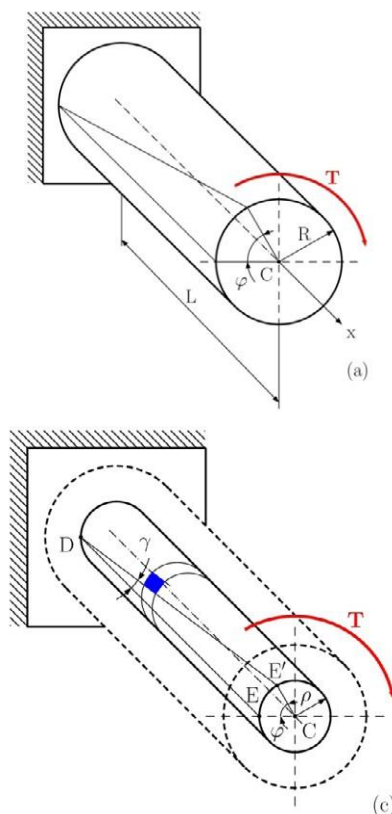
$$\varphi_0 = \frac{M_{\sigma}}{GJ_p} \leq [\varphi_0] \quad (19.3)$$

ko'rinishda ifodalanadi. Bu yerda  $[\varphi_0]$  - ruxsat etilgan buralish burchagi, valning ishlash sohasiga qarab  $[\varphi_0] = (4,38 \dots 17,5) \cdot 10^{-3} \text{rad/m} = (0,25 \dots 1) \text{grad/m}$  oraliqda olinadi.

Ko'p hollarda val hisobida kesim tanlash masalasi qo'yiladi. Masalani yechish uchun (19.1), (19.3) shartlardan val diametri uchun ikkita qiymati hosil qilinadi. Bu qiymatlardan kattasi valning diametri sifatida qabul qilinadi. Agar valning diametri ma'lum bo'lib, valning yuk ko'tarish qobiliyatini

aniqlash talab etilsa, yana yuqoridagi shartlardan foydalanib burovchi momentning ikkita qiymatini hosil qiladi.

Hisobiy yuk qiymati sifatida bu qiymatlardan kichigi qabul qilinadi.



3.8.b.s. – rasm.

$\varphi$  burchakka buralgan doiraviy valda urinma deformatsiyalarning (3.5. -rasm)da ko'rib chiqamiz. Ichki  $\rho$  radiusli silindrni ajratib olamiz. Val yuzasida 2ta qo'shni kesim va 2ta qo'shni chiziq bilan ajratilgan elementni ko'rib chiqamiz. Valga  $T$  burovchi moment ta'sir ..... ajratilgan element romb shaklini oladi. 2.5-bobda ko'rib o'tilgandek elementning burchakli o'zgarishi urinma kuchlanishlar natijasidir. Bu burchak o'zgarishi radionlar o'lchanadi.

3,8 s rasmdan yoyning asosiy geometrik xarakteristikalaridan foydalanib, uning uzunligini aniqlaymiz.

U holda 
$$\gamma = \frac{\rho\varphi}{L} \quad (3.2)$$

bunda  $\gamma, \varphi$  radionlarda o'lchanadi (3.2) tenglikdan ko'rinadiki, urinma kuchlanish val o'qidan nuqtaga bo'lgan masofa chiziqli bog'liq holda o'zgaradi. Urinma kuchlanishlar miqdori  $\rho = R$  bo'lgan holda, ya'ni valning tashqi yuzasida maksimum qiymatga ega bo'ladi.

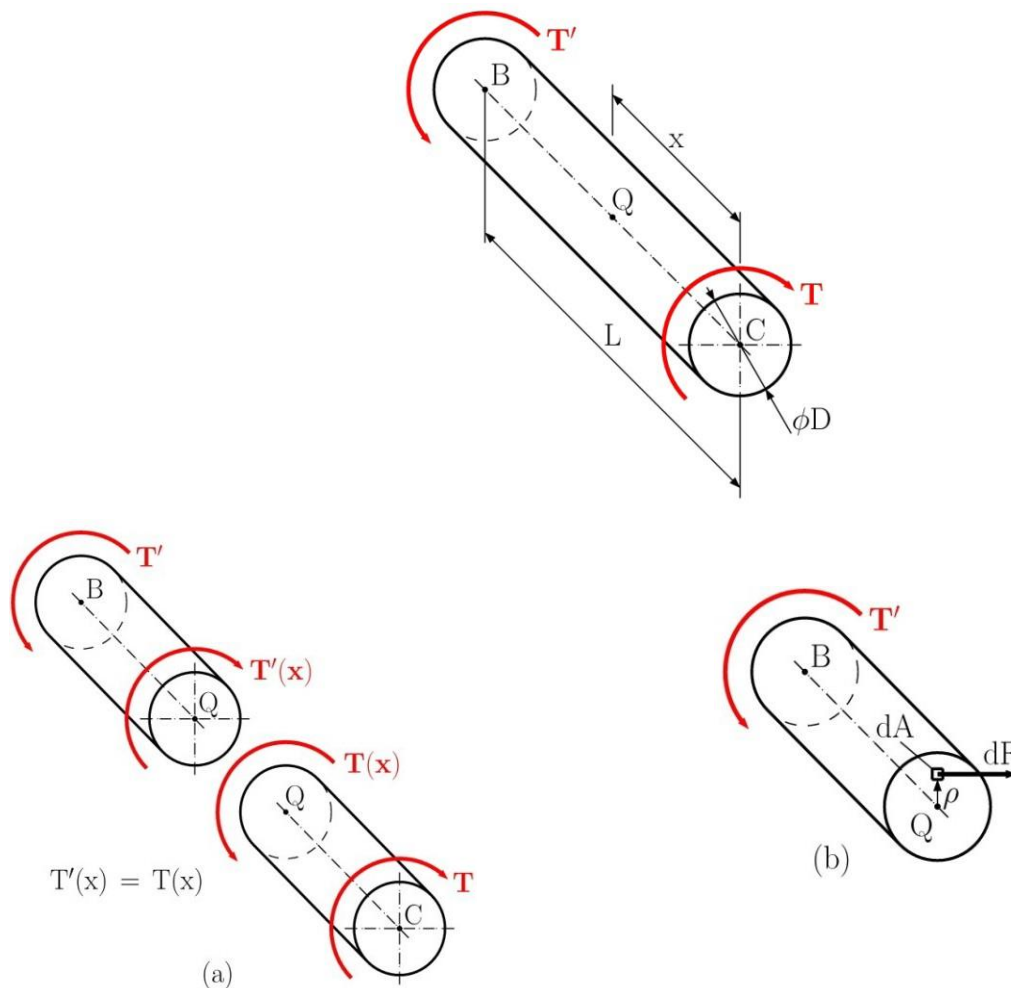
Bundan 
$$\gamma_{\max} = \frac{\rho\varphi}{L} \quad (3.3)$$

(3.3) va (3.3) tengliklari birgalikda qo'llash natijasida buralish burchagini hisobga olishlik mumkinligini ko'ramiz. U holda val o'qidan ixtiyoriy uzoqlikdagi masofada urinma deformatsiyani quyidagicha ifodalash mumkin.



$$\gamma = \frac{\rho\phi}{L} \gamma_{\max} \quad (3.4)$$

### 3.3. Elastiklik sohasidagi kuchlanishlar



3.10 rasm (a,v)

Ko'ndalang kesim diametri o'zgarmas  $D$  va uzunligi  $L$  bo'lgan doiraviy VS valning uchlariga  $T$  va  $T'$  burovchi momentlar qo'yilgan bo'lgan. Ihtiyoriy kesim usulini qo'llab, valni ihtiyoriy  $Q$  nuqtada  $VQ$  va  $QS$  qismlariga bo'lalimiz. Muvozanat tenglaalari tuzish uchun tashlab yuborilgan qism ta'sirini ichki kuchlar orqali ifodalaymiz. Berilgan holda noldan farqli bo'lgan faqatgina burovchi moment  $T(x)$  hosil bo'ladi. 3.10.a rasm.  $dF$  kuch moment  $dA$  kichik yuzachaga ta'sir etayotrgan barcha elementlar kuchlarning teng ta'sirp etuvchisini beradi. 3.10.b. rasm. Agar  $VQ$  qism buralsa, hosil bo'ladigan burovchi moment miqdori

$$\int \rho dF = T_{(x)} \quad (3.5) \text{ teng bo'ladi}$$

Bunda  $\rho dF$  kuchdan val o'qigacha bo'lgan masofa qirquvchi  $dF$  kuchlar quyidagicha ifodalanishi mumkin.  $dF = \rho dA u$  holda (3.5) tenglini quyidagi ko'rinishda yoza olamiz

$$\int \rho \tau dA = T_{(x)} \quad (3.6)$$

2.5. Buralishda ko'rib o'tilgan Guk qonunga ko'ra yoza olamiz

$$\tau = G\gamma \quad (3.7)$$



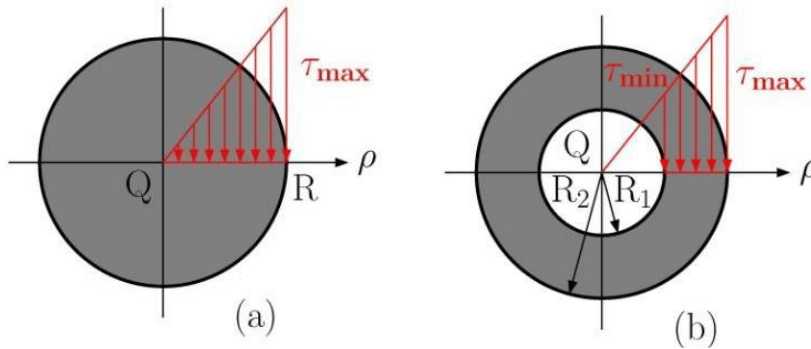
(3.4) tenglikni qo'llab

$$G\gamma = \frac{\rho}{R} G\gamma_{\max} \quad (3.8)$$

yoki

$$\tau = \frac{\rho}{R} \tau_{\max} \quad (3.9) \text{ ga}$$

ega bo'lamiz.



3.11-rasm.

Bu tenglamadan siljish ham val o'qidan nuqttagacha bo'lgan masofa  $\rho$  ga bog'liq ravishda chiziqli o'zgarishini ko'ramiz. (oqim chegarasiga o'tmasdan). To'liq doira (3.11 a.rasm) va ichki bo'shliqli doira 3.11 b rasm bo'lgan hollarda urinma kuchlanishlik tarqalish grafigi ko'rsatilgan. ( $\rho \in (R_1, R_2)$ ).

Oxirgi holda quyidagini yoza olamiz.

$$\tau_{\min} = \frac{R_1}{R_2} \tau_{\max} \quad (3.10)$$

(3.6) integral tenglama ichki kuchlarning teng ta'sir etuvchisi  $T(x)$  kuch va urinma kuchlanish  $\tau$  orasidagi bog'liqlikni belgilaydi. (3.9) tenglikdan  $\tau$  ko'rinishini (3.6) qo'yib, quyidagiga ega bo'lamiz

$$T_{(x)} = \frac{\tau_{\max}}{R} \int \rho^2 dA \quad (3.12)$$

Integral ostidagi oxirgi xod  $0$  markazga nisbatan qutb inersiya momentidir, kengroq ma'lumot  $A$  ilovada berilgan.

$U$  holda

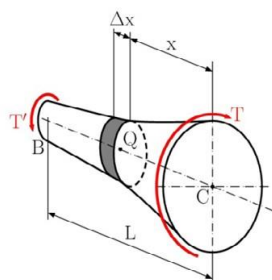
$$T_{(x)} = \frac{\tau_{\max}}{R} j \text{ eku } \tau_{\max} = \frac{T_{(x)}}{j} R \quad (3.13) \text{ ega bo'lamiz.}$$

(3.9) tenglikni (3.13) qo'yib

$$\tau = \frac{T_{(x)}}{j} \rho \quad (3.14)$$

### 3.4 Elastik deformatsiyalar sohasida bo'lgan buralish

3.12 – rasm



Doiraviy valni deformatsiyasini tekshirishda valga burovchi  $T$  moment qo'yiladi 3.12 rasm. Bunda valning ozod  $S$  uchi buraladi ( $\varphi$  burchakka) asl elastik deformatsiya sohasida qoladi. Ko'rilayotgan val maksimal radiusi  $R$ ga va uzunligi  $L$ ga teng. Bu holda (3.3) tenglamani eslash joizdir.

$$\gamma_{\max} = \frac{R\varphi}{L} \quad (3.3)$$

Deformatsiya elastiklik sohasida, shuning uchun Guk qonunini qo'llash mumkin degan fikrga asosan  $\gamma_{\max} = \tau_{\max} / G$ . (3.13) tenglamani Guk qonuniga qo'yib va bo'ylama o'q uzunligi bo'ylab  $T_{(x)} = T$  ekanligidan foydalansak

$$\gamma_{\max} = \frac{T_{(x)}}{G} R = \frac{T}{GJ} R \quad (3.15)$$

(3.3) va (3.15) tenglamalarning o'ng tomonlari o'zaro tengligidan  $\varphi$  burchak uchun quyidagi formulaga ega bo'lamiz

$$\varphi = \frac{T_{(x)}L}{GJ} = \frac{TL}{GJ} \quad (3.16)$$

Olingan formuladan ko'rinadiki, elastiklik sohasida buralish burchagi burovchi momentga to'g'ri proporsional olingan natijalarni 2 bobdan (2.15) formula bilan solishtirsak quyidagi hulosaga kelamiz:

$$\Delta L \equiv \varphi, N_{(x)} \equiv T_{(x)}, E \equiv G, A \equiv J.$$

Bu tenglik val bir jisimli materialdan qilinganda, o'zgaras ko'ndalang kesim ( $R$  konstanta) va faqat chekkalaridan burovchi ta'sir ettirilganda o'rinli bo'ladi.

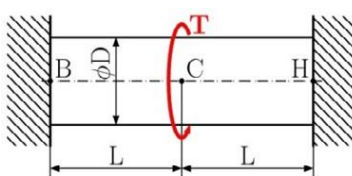
Agar sterjen har bir qismi (3.16) formulani qanoatlantiruvchi bir necha qismdan tuzilgan bo'lsa, umumiy buralish burchagini superpozitsiya prinsipini qo'llab topish mumkin.

$$\varphi = \sum_i^n = 1\varphi_i = \sum_i^n = 1 \frac{T_{i(x)}L_i}{G_i J_i} \quad (3.17)$$

Bunda  $T_{i(x)}, G_i, J_i, L_i$  mos ravishda ichki burovchi moment, siljish moduli, berilgan qismining poler inersiya momenti va uzunligidir. 3.12 rasmdagidek o'zgaruvchan ko'ndalang kesimga ega bo'lsa, kuchlanish ixtiyoriy  $Q$  nuqtaning holatiga bog'liq. Shuning uchun bu holda kuchlanishni hisoblash uchun (2.2) formulalarni qo'llash kerak bo'ladi. Matematik o'zgarish qo'llasak sterjenning yig'indaviy buralish burchagi:

$$\varphi = \int_{(L)} \frac{T_{(x)}}{GJ} dx \quad (3.18)$$

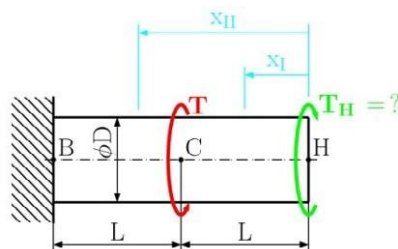
#### 3.4 masala



3.47 -rasm

Ikki chekkasi bilan tirkab mahkamlangan doiraviy valning o'rtasiga burovchi moment qo'yilgan (3.47 rasm). Tayanch nuqtalardan burovchi moment va maksimal urinma kuchlanishni aniqlang.

Valning uzunligi  $L$ , bikrlilik moduli  $G$  va qo'yilgan burovchi moment berilgan.  
Yechish



3.48 -rasm

Masala statik noaniq,  $N$  nuqtadagi tayanch noma'lum reaktiv moment bilan almashtiriladi (sof buralish bo'lgani uchun gorizontaal va vertikal reaksiya kuchlari nolga teng). Val ikki qismga ajratiladi.

Diagrammaning NS qismidan

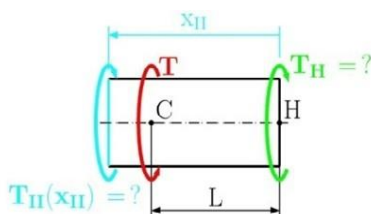
$$x_I \in \langle 0, L \rangle$$

Birinchi uchaska uchun muvozanat tenglamasidan

$$\sum M_{ix_I} = 0 : T_I(x_I) + T_H = 0 \Rightarrow T_I(x_I) = -T_H$$

Diagrammaning SI qismidan:

$$x_{II} \in \langle L, 2L \rangle$$



Ikkinchi uchastok uchun muvozanat tenglamadan

$$\sum M_{ix_{II}} = 0 : T_{II}(x_{II}) - T + T_H = 0 \Rightarrow T_{II}(x_{II}) = -T_H - T$$

Noma'lum reaktiv moment deformatsiya shartidan aniqlanadi, ya'ni VN valning umumiy buralish burchagi tirkab mahkamlangan chekka nuqtalarida nolga teng bo'ladi, har bir uchastokning aylanish burchagini  $\varphi_1$  va  $\varphi_2$  deb belgilasak

$$\varphi_H = 0 \Rightarrow \varphi_H = \varphi_1 + \varphi_{II} = 0 \Rightarrow \varphi_1 + \varphi_{II} = 0,$$

$$\frac{T_I L_I}{G_I J_I} + \frac{T_{II} L_{II}}{G_{II} J_{II}} = 0,$$

U holda

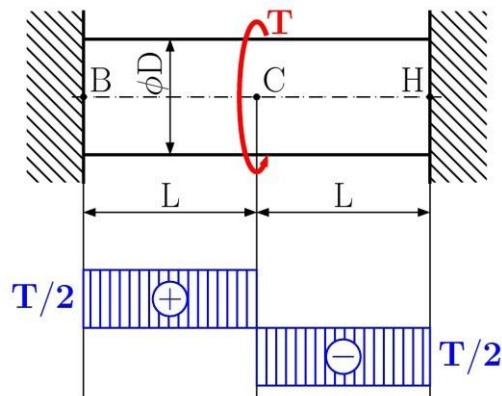
Bu yerda  $G_I = G_{II} = G$ , chunki valning ichki qismi bir xil materialdan iborat. U holda  $T_N$  uchun hisoblaymiz.

$$T_I(x_I) + T_{II}(x_{II}) = 0 \Rightarrow -T_H - T_H + T = 0 \Rightarrow T_H = \frac{T}{2}$$

Valning har bir qismi uchun burovchi momentni hisoblaymiz.

$$T_I(x_I) = -T_H = \frac{T}{2} T_{II}(x_{II}) = -T_H - T = \frac{T}{2} - T = \frac{T}{2}$$

Burovchi moment epyurasi 3.49 rasmda ko'rsatilgan<sup>6</sup>



3.49-rasm

### Nazorat uchun savollar

1. Val deb qanday elementga aytiladi?
2. Val kesimidagi ichki kuchlar nimadan iborat?
3. Val kesimlarida qanday kuchlanishlar hosil bo'ladi?
4. Val deformatsiyasi qanday ko'rinishga ega bo'ladi?
5. Valning bikrlilik sharti qanday ko'rinishga ega?

<sup>6</sup>Roland Janco, Branislav Hucko. Introduction to Mechanics of Materials-Slovak. Part I. 2013. Pages 92-98, 121-123.

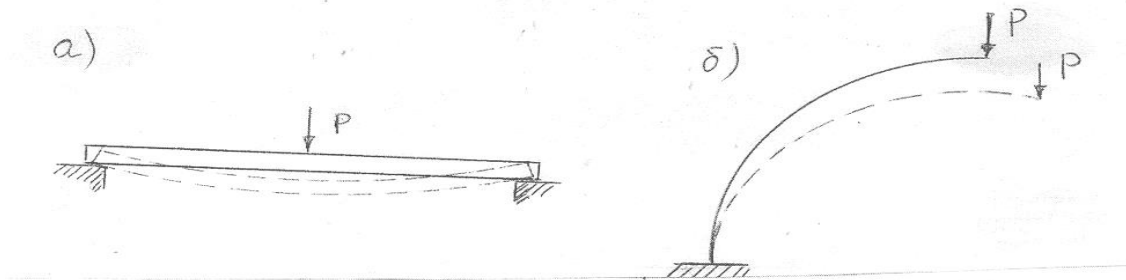
**4-Ma'ruza**  
**MAVZU: "To'g'ri sterjenning tekis egilishi".**

**Reja:**

1. Umumiy tushunchalar.
2. Balka kesimlaridagi ichki kuchlarni aniqlash. Ichki kuchlarning epyuralarni chizish.
3. Eguvchi moment, ko'ndalang kuch va yoyilgan kuch orasidagi differentsial munosabatlar.

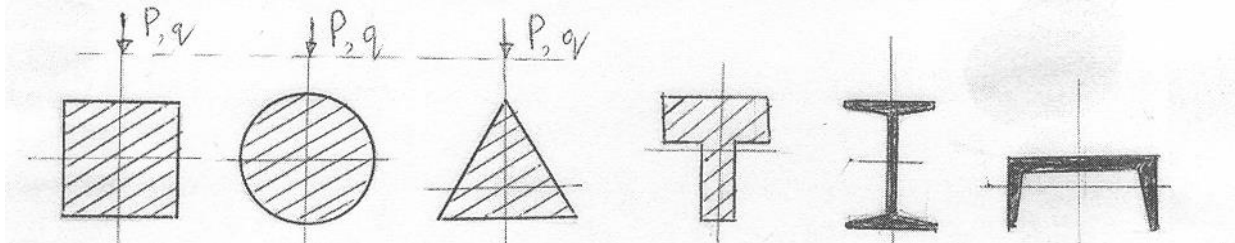
**4.1. Egilish to'g'risida umumiy tushunchalar.**

Brusning o'qidan utuvchi tekislikda yotuvchi to'plangan yoki juft kuchlar ta'sirida brus o'qi egiladi. Brusning to'g'ri chiziqli o'qi egri chiziq ko'rinishini qabul qiladi, egri bruslarning esa egriligi o'zgaradi (20.1-rasm).



20.1-rasm

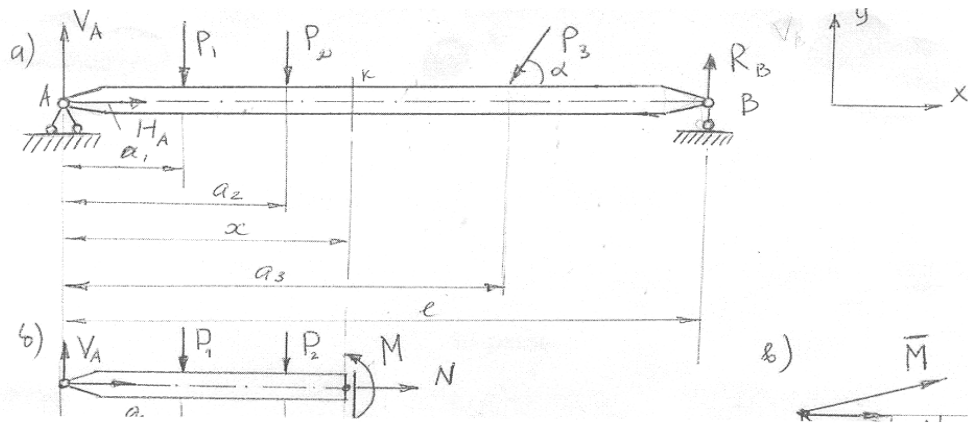
Egilishga qarshilik ko'rsatadigan bruslarni balka deb ataladi. Balkaga qo'yilgan yuklar uning simmetriya tekisligida yotsa, bunday egilishga tekis egilish deb ataladi. Ko'p ishlatiladigan balkalar simmetriya o'qli bo'lgani uchun tekis egilish eng ko'puchraydigan holdir (20.1- rasm).



20.2-rasm

**4.2. Balka kesimlaridagi zo'riqish kuchlarini aniqlash.**

Balkaning mustahkamlikka va bikrlilik bo'lgan masalalarni yechish uchun avval balkaning ko'ndalang kesimlarida qanday kuch omillari hosil bo'lishi va ularni aniqlash usullarini ko'rib chiqish kerak bo'ladi. Kursning boshida «Ichki kuchlarni aniqlash» mavzusida brus kesimlarida hosil bo'ladigan ichki kuchlar to'g'risida, hamda egilish deformatsiyasida balka kesimidagi zo'riqishlar, ichki kuch omillari – eguvchi moment «M» va ko'ndalang kuch «Q» dan iborat ekanligi to'g'risida tushunchalar berilgan. Endi mazkur ichkikuchlarni aniqlash usullini batafsil ko'rib chiqamiz.



20.3 – rasm

20.3-rasmda tasvirlangan, kuchlar, masofalar qiymatlari berilgan balka uchun tayanch reaksiyalar  $V_a$ ,  $H_a$ ,  $V_v$  ni ma'lum deb farazqilamiz, chunki ularni statikaning muvozanat tenglamalaridan aniqlash qiyin emas. Balkaning istalgan kesimidagi ichki kuchlarni aniqlash uchun mazmuni qo'yidagidan iborat kesish usulidan foydalanamiz. Balkaning mazkur kesimidan bir tomonini, masalan chap tomondagi qismini olib qolib, o'ng tomondagi qismini tashlab yuboramiz (20.3-rasm,b)

Olib qolingani qismining kesimiga tashlab yuborilgan qismining ta'sirini almashtiruvchi kuchlarni qo'yamiz, bu kuchlar shu kesimdagi zo'riqish kuchlariga ekvivalent bo'ladi.

Tekis sistema uchun zo'riqish kuchlari eng umumiy holda bosh vektor  $R$  bilan va bosh moment  $M$  dan iborat bo'ladi.

$M$  ni eguvchi moment deb ataladi. Bosh vektor  $R$  ning vertikal va gorizontaal o'qlarga bo'lgan proeksiyalarini mos ravishda  $Q$  - ko'ndalang kuch,  $N$  - bo'ylama kuchlar deb ataymiz.

Bu kuchlarni aniqlash uchun balkaning qoldirilgan qismi uchun muvozanat tenglamalarini tuzamiz:

$$\left. \begin{aligned} \sum X &= H_A + N = 0 \Rightarrow N = -H_A \\ \sum Y &= -Q + V_A - P_1 - P_2 = 0 \\ Q &= V_A - P_1 - P_2 \end{aligned} \right\} \quad (20.1)$$

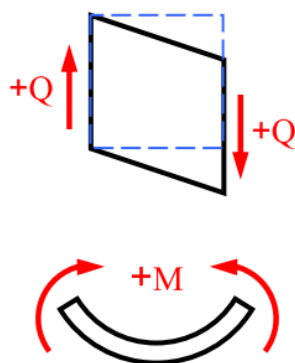
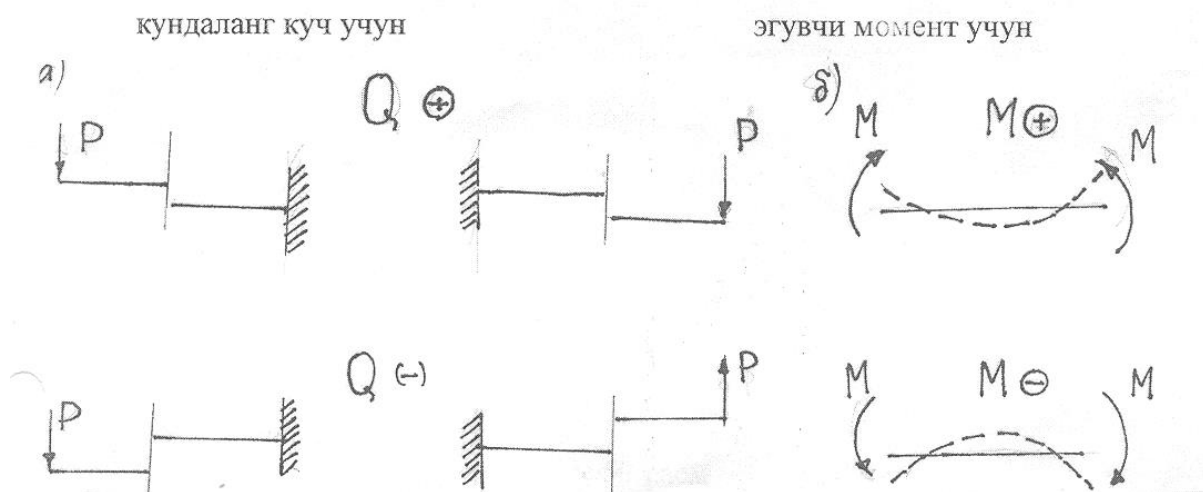
$$\begin{aligned} \sum m_{om} &= -V_A \cdot x + P_1(x - a_1) + P_2(x - a_2) + M = 0 \quad (20.2) \\ M &= V_A \cdot x - P_1(x - a_1) + P_2(x - a_2) \end{aligned}$$

Hosil qilingan (20.1), (20.2) munosabatlardan qo'yidagi xulosalar kelib chiqadi. Balkaning kesimidagi bo'ylama "N" va ko'ndalang "Q" kuchlari deb balkaning qoldirilgan kesimidagi barcha tashqi kuchlarni mos ravishda balkaning o'qiga va o'qining perpendikulyariga bo'lgan proeksiyalarining yig'indisiga aytiladi.

Eguvchi moment "M" deb, balkaning qoldirilgan qismiga ta'sir etayotgan barcha tashqi kuchlardan kesim og'irlik markazga nisbatan olingan momentlar yig'indisiga aytiladi.

Umumiy holda "N", "Q", "M" kesimholati " $\chi$ " ning funksiyasidan iborat bo'ladi. Ichki kuchlardan, balka uchun asosan eguvchi moment "M" ni eng katta qiymatga erishgan kesimini xavfli kesim deb ataladi.

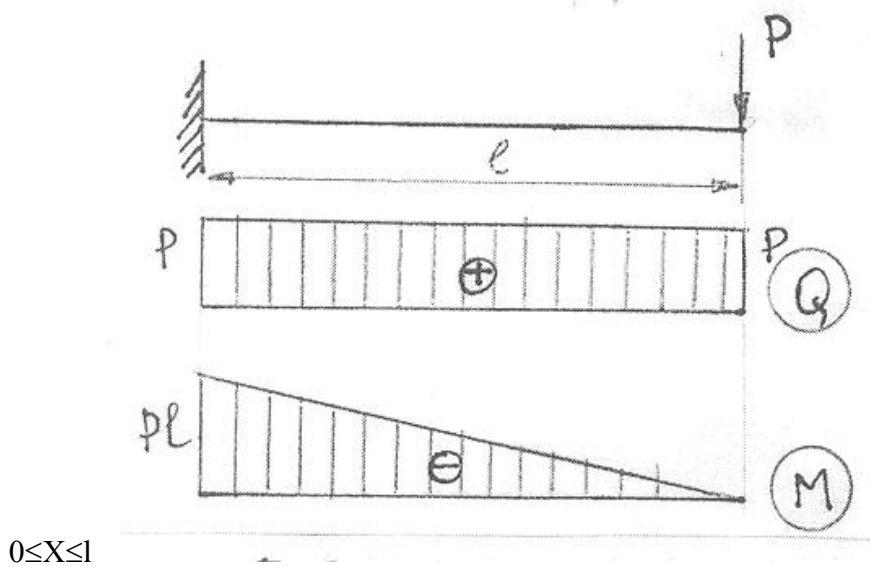
Xavfli kesim holatini "M" va "Q" funksiyalarning grafiklaridan aniqlash oson. Bunday grafiklarni mos ravishda "M" eguvchi moment va ko'ndalang kuch "Q" epyuralari deb ataladi. Epyuralarni qurishda qo'yidagi ishora qoidalarga amal qilinadi (20.4-rasm).



20.4 – rasm

Эгувчи момент “M” va ko‘ndalang kuch “Q” epyuralarini ko‘rish.

Masala 1. Bunday balka uchun “M”, “Q” epyuralarini tayanch reaksiyalarini aniqlamasdan ko‘rish mumkin. Balkada belgilangan kesim uchun  $Q=P$ ,  $M=-Px$



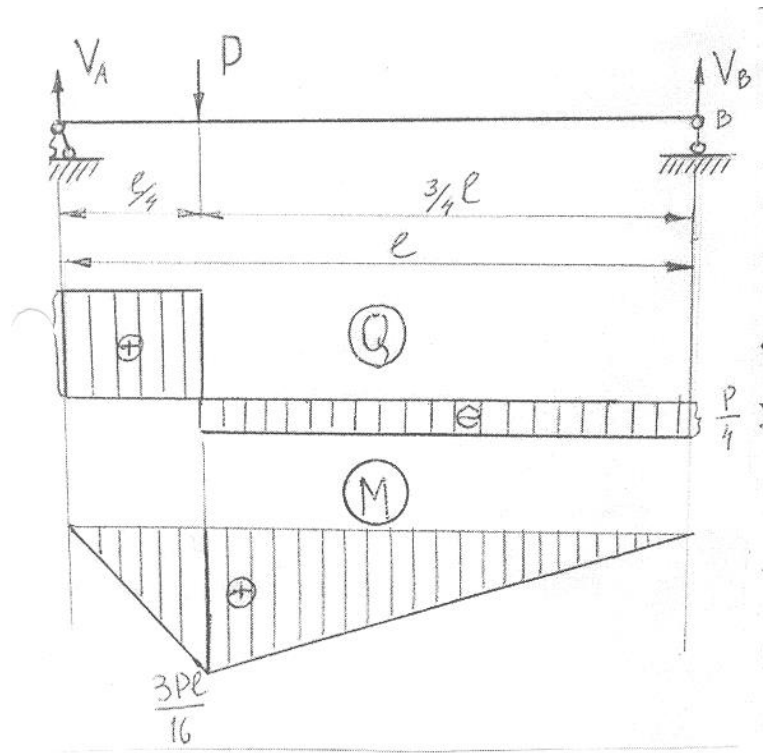
20.5-rasm.

$$X=0, M=0$$

$$X=l, M=-Pl$$

“M” ning musbat, “Q” ning manfiy epyuralari balka o‘qining tagiga, “M” ning manfiy “Q” ning musbat epyuralari balka o‘qining Yuqorisiga quriladi (20.5-rasm).

Masala 2. (20.6-rasm) Avval tayanch reaksiyalari aniqlanadi



20.6 – rasm

$$\sum mom_A = 0 \Rightarrow V_B = \frac{1}{4} p$$

$$\sum mom_B = 0 \Rightarrow V_A = -\frac{3}{4} p$$

$$\sum X = 0 \Rightarrow H_A = 0$$

“Q” epyurasini ko‘rish uchun kesish usulini qo‘llaymiz:

1-kesim

$$0 \leq x_1 \leq \frac{1}{4} \quad M_1 = V_A \cdot x_1 = \frac{P}{4} x_1$$

$$Q_1 = V_A = \frac{3P}{4} = const \quad x_1 = 0; M_1 = 0$$

$$x_1 = \frac{1}{4}, \quad M_1 = \frac{3Pl}{16}$$

$$\frac{1}{4} \leq x_2 \leq l; \quad M_2 \cdot x_2 - P(x_2 - \frac{l}{4});$$

2- kesim

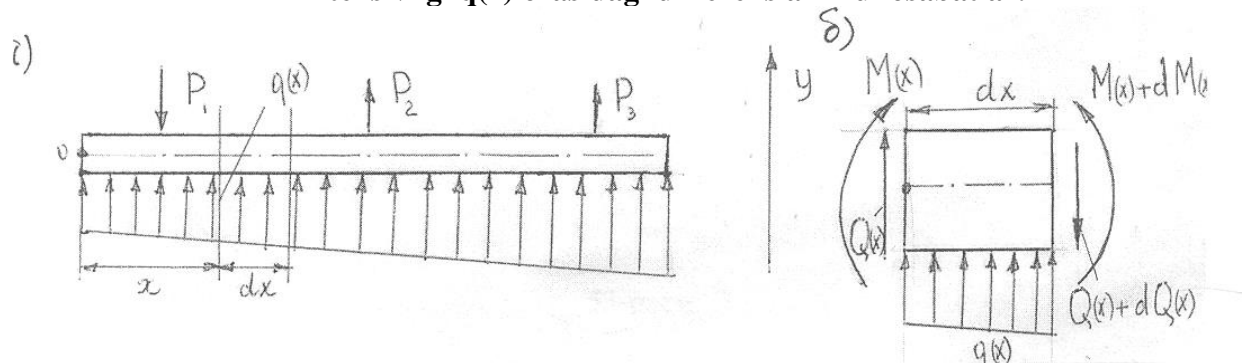
$$Q_2 = V_A - P = -\frac{P}{4} = const$$

$$x_2 = \frac{1}{4}; \quad M_2 = \frac{3Pl}{16}; \quad x_2 = l; \quad M_2 = 0$$

**7.1.3. Eguvchi moment  $M(x)$  ko‘ndalang kuch  $Q(x)$  va tarqalgan kuch**



### intensivligi $q(x)$ orasidagi differensial munosabatlar.



20.7– rasm

Balkadan ajratib olingan cheksiz kichik elementni (20.7-rsm,b) muvozanat shartlarini ochib chiqamiz.

$$\sum Y = Q(x) - Q(x) - dQ(x) + q(x)dx = 0$$

bu tenglamadan  $q(x) = \frac{dQ(x)}{dx}$  (20.3) munosabatni hosil qilamiz.

Elementga ta'sir etayotgan kuchlardan istalgan nuqtaga nisbatan moment tuzib:

$Q(x) = \frac{dM(x)}{dx}$  (20.2) tenglikni hosil qilamiz. (20.2) ni (20.3) ga olib borib qo'ysak:

$q(x) = \frac{d^2M(x)}{dx^2}$  (20.4) kelib chiqadi.

Shunday qilib, balkaga ta'sir etuvchi tashkil etuvchi kuch  $q(x)$ , balka kesimlaridagi ichki kuchlar  $M(x)$ ,  $Q(x)$  o'rtasida (20.2), (20.3) ko'rinishdagi differensial munosabatlar mavjud ekan.

Bu munosabatlardan "M", "Q" epyuralarining to'g'riligini tekshirishda va ba'zi nazariy va amaliy hisoblarni yechishda foydalaniladi.

### Nazorat uchun savollar

1. Eguvchi moment epyurasi nima uchun quriladi?
2. Balkaning xavfli kesimi deb qanday kesimga aytiladi?
3. Balka kesimining neytral o'qi qanday hususiyatga ega?
4. Eng ratsional kesimlar qanday shaklga ega bo'ladi?
5. Neytral o'q kesimning qanday nuqtasida o'tadi?

## 5– Ma’ruza

### MAVZU: “Egilishda balka ko’ndalang kesimidagi kuchlanishlar va deformatsiyalarini aniqlash”.

#### Reja:

1. Sof egilish. Normal kuchlanishlarni aniqlash.
2. Balkalarning normal va urinma kuchlanish-lar bo’yicha mustah-kamlik shartlari.
3. Egilishda balka deformatsiyalarini aniqlash. Universal formula.

#### 7.2.1. Egilishda normal kuchlanishlarni aniqlash.

Egilish deformatsiyasining asosini tashkil etuvchi qonuniyatlar va ish gipotezalari mazkur deformatsiyasiga oid o’tkazilgan ko’plab eksperimentlarning xulosalari asosida hosil qilingan. Ular qo’yidagicha ta’riflanadi:

- a) Balkaning tekis ko’ndalang kesimlari deformatsiya davomida tekislikgacha qoladi;
- b) Bo’ylama tolalar yoki qatlamlar orasida o’zaro bosim hosil bo’lmaydi;
- v) Balka kesimining eni bo’ylab (yo’nalishda) kuchlanishlar qiymati doimiy qoladi;
- g) Balkaning egilishda uzunligi o’zgarmaydigan tolalarni neytral tolalar, mazkur tolalardan o’tuvchi sirtni neytral qatlam deb ataladi.

Neytral qatlam balkani ikki qismiga – cho’ziluvchi va siqiluvchi qismlarga ajratadi. Balka ko’ndalang kesimining neytral qatlam bilan kesishishi chizig’ini balka ko’ndalang kesimining neytral o’qi deb ataladi.

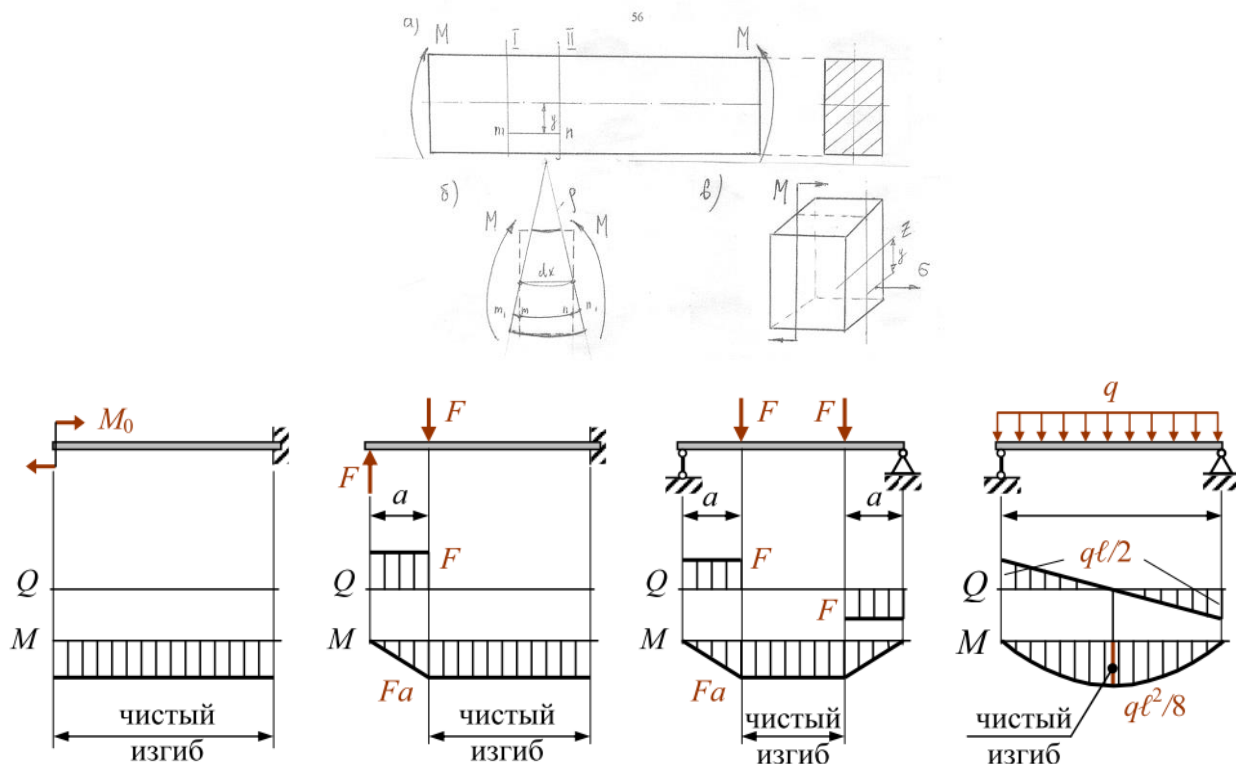


Рис. 7.4. Схемы нагружения, при которых в сечениях возникает чистый изгиб

21.1-rasm

Sof egilishga ishlayotgan balkaning (21.1-rasm,a) (I), (II) kesimlar orasidagi kesimning (21.1-rasm,b) deformatsiyalanish natijasida mn tolaning nisbiy deformatsiyasini (uzayishini) aniqlaymiz.

$$\varepsilon = \frac{\gamma}{\rho}$$

Tola cho‘zilishga ishlayotgani uchun bu toladagi normal kuchlanish Guk qonuniga asosan:

$$\sigma = E \frac{y}{\rho} \quad (21.1)$$

ga teng bo‘ladi. Bu kuchlanish formulasidan foydalanib bo‘lmaydi, chunki balka egilgan o‘qning egrilik radiusi noma’lum. Bu formuladan foydalanish uchun uni qulay ko‘rinishga keltiramiz. Balkaning tekshirilayotgan elementi uchun statikaning muvozanat tenglamalariga, masalan:

$$\sum_{(F)} mom_2 = M - \int \sigma \cdot y df = 0 \quad (21.2)$$

(21.1) ni olib kelib qo‘yamiz.

$$M - \frac{E}{\rho} \int y^2 df = 0, \text{ ammo } \int_F y^2 df = J_z \text{ ekanligi bizga ma’lum. U holda bu tenglamadan}$$

$$M = \frac{EJ_z}{\rho} \text{ yoki } \frac{1}{\rho} = \frac{M}{EJ} \quad (21.3)$$

ni hosil qilamiz. Endi (21.3) ni (21.1) ga olib borib qo‘yamiz:

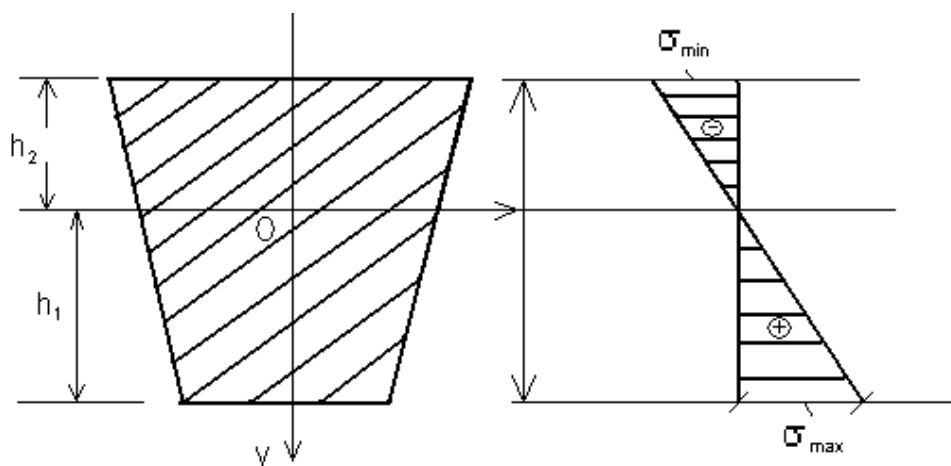
$$\sigma = \frac{M \cdot y}{J_z} \quad (21.4)$$

Mazkur formula (21.4) asosida balka kesimining istalgan nuqtasidagi normal kuchlanishlar aniqlanadi.

Alohida kesimda  $\frac{M}{J_z} = const.$

Demak kuchlanishlar “u” faqat bog‘liq bo‘ladi.

$$-h_2 \leq y \leq h_2 = Y_{\max}$$



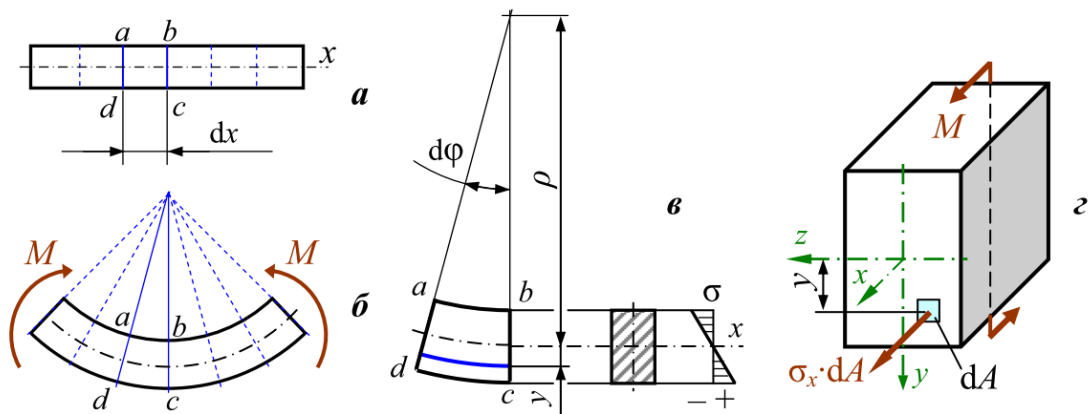


Рис. 7.5. Схемы к определению связи внутренних усилий с напряжениями: *a* – брус до деформации; *б* – брус в деформированном состоянии; *в* – элемент *abcd* в деформированном состоянии; *г* – внутренние усилия в сечении

21.2- rasm

$$\begin{aligned}
 y = -h_2, \quad \sigma_{\min} &= -\frac{M \cdot h_2}{J_z} \\
 y = 0, \quad \sigma &= 0 \\
 y = h, \quad \sigma &= \sigma_{\max} = \frac{M \cdot Y_{\max}}{J_z}
 \end{aligned}
 \quad (21.5)$$

Normal kuchlanishlar kesim balandligi bo'yicha chiziqli qonun bilan o'zgarib boradi; natral o'qda nolga teng bo'lib, neytral o'qdan eng uzoq nuqtalarda eng katta qiymatga erishadi.

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{J_z / Y_{\max}} = \frac{M_{\max}}{W_z} \quad (21.6)$$

$W_z$  – balka ko'ndalang kesimining neytral o'qqa nisbatan qarshilik momenti.

### **.Balkani normal kuchlanishlar bo'yicha mustahkamlik sharti.**

Balka kesimidagi normal kuchlanishlar eguvchi momentga bevosita bog'liq bo'lgani uchun, balkaning xavfli kesimidagi normal kuchlanish

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_z} \quad (21.7)$$

ga teng bo'ladi. Balka mustahkam bo'lishi uchun

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_z} \leq [\sigma] \quad (21.8)$$

shart bajarilishi kerak. Bu yerda  $[\sigma]$  - balka materiali uchun ruxsat etilgan kuchlanish.

Bu munosabatni balkaning normal kuchlanishlar bo'yicha mustahkamlik sharti deb ataladi. Mazkur formula asosida qo'yidagi amaliy masalalar yechiladi:

**1. Kesim tanlash.** Bunda balkaga qo'yilgan tashqi kuch, balkaning tayanchlari oralig'i, balka kesimining shakli, balkaning materiali ma'lum bo'ladi. (21.8) formuladan ko'ndalang kesimning qarshilik momenti aniqlanadi.

$$W_z \geq \frac{M_{\max}}{[\sigma]} \quad (21.9)$$

So'ng kesim yuzasi  $F$ , yoki prokat profillarning (qo'shtavr, shveller) nomeri aniqlanadi.

**2. Balkaning yuk kutarishqobiliyatini aniqlash.** Bu masalada balkaga qo'yiladigan tashqi kuchdan tashqari boshqa miqdorlar berilgan bo'ladi (21.8) dan

$$M_{\max} \leq [\sigma] \cdot W_2 \quad (21.10)$$

Bu formuladan balkaga qo'yilishi mumkin bo'lgan tashqi kuchning miqdori [R] yoki [q] aniqlanadi.

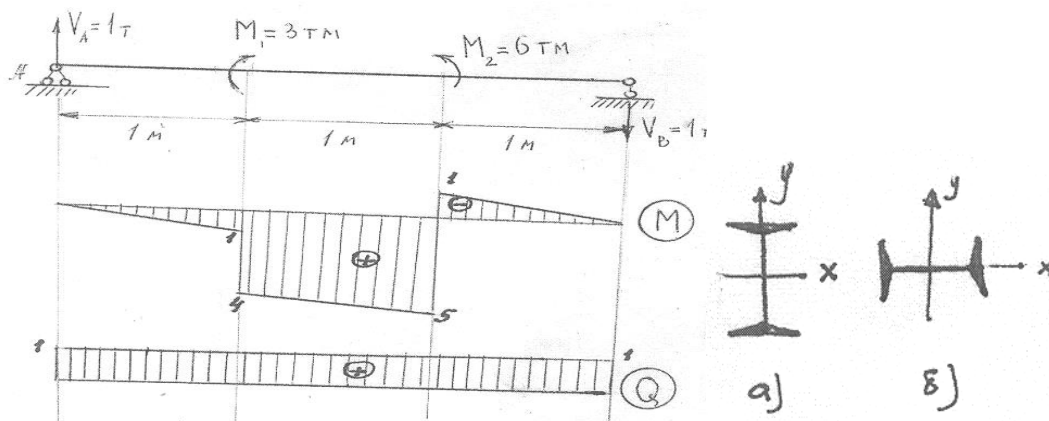
**3. Balkani joriy mustahkamligini tekshirib ko'rish.** Bunda (21.8) formuladan qatnashadigan barcha miqdorlar ma'lum bo'ladi. (21.8) shartning bajarilishi tekshirib ko'riladi.

**Masala 1.** Ko'ndalang kesimi 21<sup>a</sup> nomerli qo'shtavr balkaning mustahkamligi tekshirib ko'rilsin.  $[\sigma]=1600 \text{ kg/cm}^2$  (21.3-rasm)

A) jadvaldan:  $F=47,7 \text{ sm}^2$   $W_x=381 \text{ sm}^3$   $W_y=48,4 \text{ sm}^3$

Qo'yidagi epyuradan  $M_{\max} = 5 \cdot 10^5 \text{ k.g.s.m}$  ko'ndalang kesimning (a) holati uchun

$$\sigma_{\max} = \frac{5 \cdot 10^5}{381} = 1382 < 1600 \text{ kg/cm}^2$$



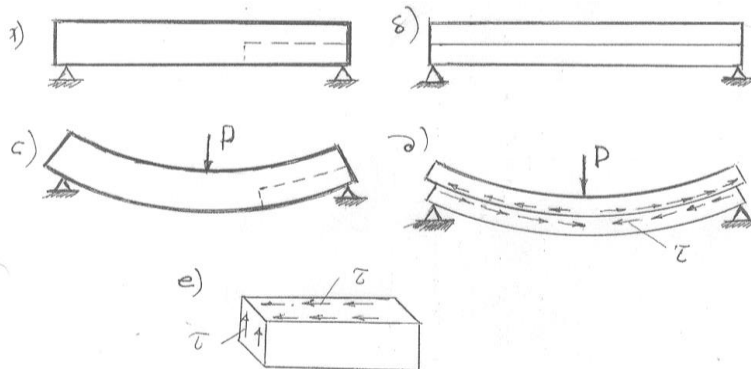
21.3-rasm

Demak, bu holat uchun mustahkamlik sharti bajariladi. Ko'ndalang kesim (b) bo'lsa,  $\sigma_{\max} = \frac{5 \cdot 10^5}{48,4} = 10330 \text{ kg/cm}^2 \gg 1600 \text{ kg/cm}^2$ ; bu holatida balka mustahkam bo'la olmaydi.

### 5.2. Egilish deformatsiyasida urinma kuchlarni aniqlash.

Ma'lumki umumiy holda balka kesimlaridagi ichki kuch omillari eguvchi moment –“M” va ko'ndalang kuch –“Q” dan iboratdir. Eguvchi moment ta'sirida balka ko'ndalang kesimlarida normal kuchlanishlar “ $\sigma$ ” hosil bo'lishi yuqorida qo'rildi. Endi ko'ndalang kuch “Q” ta'sirida balka ko'ndalang kesimida urinma kuchlanishlar hosil bo'lishi va ularni aniqlash usulini ko'rib chiqamiz.

22.1-rasmda bir xil o'lchamga ega bo'lgan ikkita balka tasvirlangan: birinchisi (22.1-rasm,b) neytral qatlamga parallel tekislik bilan qirg'ilgan. 22.1 s) d) rasmlarda bu balkalarning deformatsiyalanish shakli keltirilgan. 21.1 –rasmni d) dan balkaning ikki qismlari chegarasida (tekislikda) siljish, ishqalanish kuchlari **paydo bo'lishini** ko'ramiz. Bu hol yaxlit balkaning (22.1 a-rasm) ham aynan shu tekisliklarida urinma kuchlanishlar hosil bo'lishidan dalolat beradi.



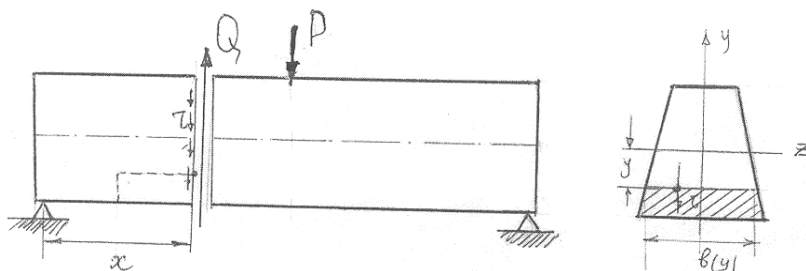
22.1 – rasm

O‘zaro tik yuzalar uchun urinma kuchlanishlarning o‘zarolik (juftlik) prinsipiga asosan balkaning ko‘ndalang kesimlarida ham urinma kuchlanishlar hosil bo‘ladi (22.1, ye-rasm).

Mazkur kuchlanishlarni aniqlashda tajribalarga asoslangan qo‘yidagi gipotezalar qabul qilinadi:

A) Balka ko‘ndalang kesimidagi urinma kuchlanishlar “Q” ga parallel va qarama-qarshi yo‘nalgan;

B) Balka ko‘ndalang kesimining eni yo‘nalishida urinma kuchlanishlar o‘zgarmas qiymatga egadir. 22.1-rasmدا tasvirlangan balkaning kichik bir elementini muvozanatini tekshirish natijasida balka ko‘ndalang kesimning istalgan nuqtasidagi urinma kuchlanishlarni aniqlash formulasini hosil qilamiz.



22.1-rasm

$$\tau = \frac{QS_z}{J_z \cdot b(y)} \quad (22.1)$$

bu formuladan: Q – kuchlanish aniqlanayotgan kesimdagi ko‘ndalang kuchining qiymati;

$S_z$  – ko‘ndalang kesimda shtrixlangan yuzaning neytral o‘qqa nisbatan statik momenti;

$J_z$  – ko‘ndalang kesim yuzasining neytral o‘qqa nisbatan inersiya momenti;

$v(u)$  – kesimning kuchlanish aniqlanayotgan nuqta satxidagi eni.

Urinma kuchlanishlarni kesim balandligibo‘yicha o‘zgarishi qonuniyatini to‘g‘ri to‘rtburchak shaklidagi kesim uchun ko‘rib chiqamiz (22.2-rasm).

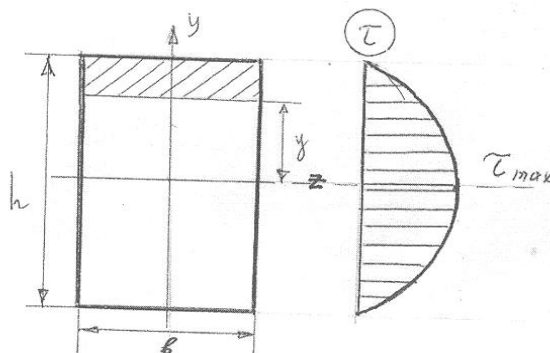
(22.1) formulada  $Q(x)=Q$  deb olamiz.

$$J_z = \frac{bh^3}{12}; \quad b(y) = b$$

$$S_r = F^* \cdot y^* = b \left( \frac{h}{2} - y \right) \left( \frac{h}{2} + y \right) \frac{1}{2} = \frac{b}{2} \left( \frac{h^2}{4} - y^2 \right)$$

Aniqlangan qiymatlarni (22.1) formulaga olib borib qo‘yamiz.

$$\tau = \frac{Q(x)S_r}{J_z \cdot b(\varphi)} = \frac{6Q}{bh^3} \left( \frac{h^2}{4} - y^2 \right) \quad (22.2)$$



22.2 – rasm

Demak, urunma kuchlanishlarkesim balandligi bo'yicha kvadrat parabola qonuniyati bilano'zgaribborar ekan.  $-\frac{h}{2} \leq y \leq \frac{h}{2}$

$$1) y = \pm \frac{h}{2} \quad \text{da} \quad \tau = 0$$

$$2) y = 0 \quad \text{da} \quad \tau = \tau_{\max} = \frac{3Q}{2bh}$$

balka kesimning neytral o'qida yotuvchi nuqtalarda urunma kuchlanishlar eng katta qiymatga, neytral o'qdan eng uzoq yotgan nuqtalarda esa nolga teng bo'ladi. Urunma kuchlanishlar « $\tau$ » epyurasi 22.2-rasmda keltirilgan. Shu usul bilan boshqa shaklga ega bo'lgan kesimlarda ham urunma kuchlanishlarni aniqlash mumkin. Masalan ko'ndalang kesim doiradan iborat bo'lsa:  $\tau_{\max} = \frac{4}{3} \frac{Q}{F}$  ga teng bo'ladi. Bu

yerda  $F = \frac{\pi d^2}{4}$  doiraning kesim yuzi.

### 7.3.2. Balka mustahkamligini urunma kuchlanishlarga nisbatantekshirish.

Ba'zi materiallar urunma kuchlanishlarga nisbatan zaif (kam) qarshilik ko'rsatadi. Masalan, yog'och balka sinishdan avval neytral kavat tekisligi bo'yicha yoriladi chunki bu qavat tolalarini orasidagi urunma kuchlanish yog'och materiali uchun urunma kuchlanishning xavfli qiymatiga tenglashib qolgan bo'ladi. Bunday balka urunma kuchlanishlarga nisbatan mustahkam (nuqta) bo'lishi uchun uning kesimida hosil bo'ladigan eng katta urunma kuchlanish balka materiali uchun ruxsat etilgan urunma kuchlanishdan ortib ketmasligi kerak.

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max} S_{\max}}{J_2 \cdot b} \leq [\tau] \quad (22.3)$$

bu formulani balkaning urunma kuchlanish bo'yicha mustahkamlik sharti deb ataladi.

Bu yerda  $Q_{\max}$  –balkada hosil bo'layotgan eng katta ko'ndalang kuch;

$S_{\max}$  – ko'ndalang kesimning neytral o'qqa nisbatanbir tomondagi yuzani mazkuro'qqa nisbatan statik momenti;

$[\tau]$  - material uchun ruxsat etilganurinmakuchlanish.

### Egilishdagi bosh normal va eng katta urinma kuchlanishlar.

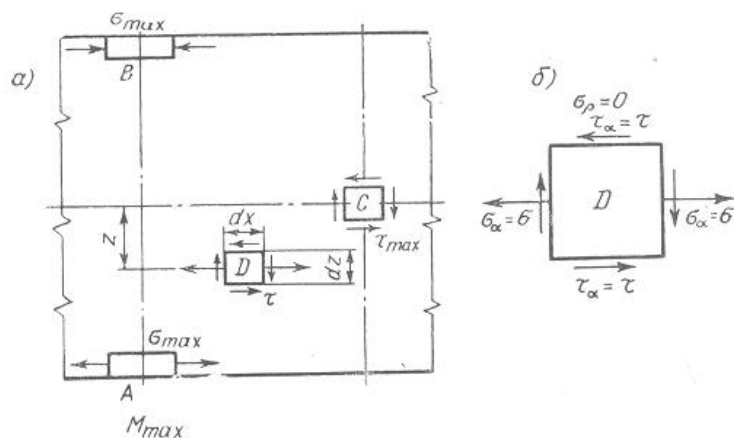
#### Balkaning mustahkamligini to'la tekshirish.

Biz balkalarning mustahkamligini normal va urinma kuchlanishlar bo'yicha hisoblab keldik:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_y} \leq [\sigma] \quad (a)$$

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max} S_{\max}}{bJ_y} \leq [\tau] \quad (b)$$

Maksimal normal kuchlanishlar eguvchi moment maksimal bo'lgan ko'ndalang kesimdagi neytral o'qdan eng uzoq nuqtalarda hosil bo'ladi; bu elementar shaklda A va V harflari bilan ko'rsatilgan (23.1-shakl, a), ularning mustahkamligi (a) formula yordamida tekshiriladi.



23.1 – shakl

Maksimal urinma kuchlanishlar kesuvchi kuch maksimum bo'lgan ko'ndalang kesimlarning neytral o'qidagi nuqtada vujudga keladi va bu nuqtadagi S element sof siljish holatida bo'ladi. Bu elementning mustahkamligi (b) formula yordamida tekshiriladi. 1.6-shakl, a da mustahkamligi tekshirilayotgan balka yon tomonidan ko'rsatilgan. Unda eguvchi moment maksimum bo'lgan ko'ndalang kesimdagi eng katta cho'zuvchi va siquvchi normal kuchlanishlar hosil bo'lgan A va V elementlar bilan bir qator kesuvchi kuch maksimum bo'lgan ko'ndalang kesimdagi sof siljish holatidagi S element ko'rsatilgan. Bu elementlarning har biri oddiy kuchlanish holatida bo'ladi, binobarin ko'rsatilgan elementlar balkaning eng xavfli elementlari deb aytishga hech qanday asos yo'q. Ammo neytral o'qdan z masofada turuvchi biror D element murakkab kuchlanish holatida bo'ladi. Shuning uchun bu elementga ta'sir qiladigan normal va urinma kuchlanishlar, garchi bayon etilgan uchta elementga ta'sir qiladigan normal va urinma kuchlanishlardan kichik bo'lsa ham, u xavfliroq holatda bo'lishi mumkin, chunki bu element ikki xil kuchlanish, ya'ni normal va urinma kuchlanishlar ta'siridadir (23.1-shakl, a, b). Bu kuchlanishlarning qiymatlari (23.1) va (23.2) formulalar asosida topiladi:

$$\sigma_z = \frac{M_x}{J_y} z \quad (v)$$

$$\tau_z = \frac{Q_x S_y^{ax}}{b J_y} \quad (g)$$

Bu formulalardagi  $M_x$  bilan  $Q_x$  tekshirilayotgan element joylashgan ko'ndalang kesimdagi eguvchi moment va kesuvchi kuchdir. Biz tekshirayotgan D element tekis kuchlanish holatida bo'ladi. Hozir tekshirilayotgan konkret hol uchun umumiy nazariyani tatbiq qilamiz.

Bu holda (23.1b-shakl, b)  $\sigma_\alpha = \sigma = \frac{M_x \cdot z}{J_y}$ ,  $\sigma_\beta = 0$  bo'ladi, chunki balkaning neytral qatlamiga parallel qatlamlar bir-birini bosmaydi deb faraz qilinadi.

$$\tau_\alpha = \tau, \quad \tau_\beta = -\tau; \text{ bundan } \tau_\alpha = \tau = \frac{Q_x S_y^{ax}}{b J_y} \text{ ekanligi kelib chiqadi.}$$

Balkaning mustahkamlik shartini tuzish uchun ajratilgan elementning bosh kuchlanishlari bilan bosh yuzalarini topish kerak. Biz tekis kuchlanish holatida bo'lgan elementlarning bosh kuchlanishlarini va bosh yuzalarini topishning umumiy formulalariga yuqorida hosil bo'lgan qiymatlarni qo'yib, bosh normal kuchlanishlar uchun quyidagi ifodalarni hosil qilamiz:



$$\begin{aligned}\sigma_1 &= \frac{1}{2} \left[ \sigma + \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \right] \\ \sigma_3 &= \frac{1}{2} \left[ \sigma - \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \right] \quad (23.1) \\ \tau_{\frac{\max}{\min}} &= \pm \frac{1}{2} \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}\end{aligned}$$

Bosh yuzalarni topish uchun mana bunday formula hosil bo'ladi:

$$\operatorname{tg} 2\alpha = -\frac{2\tau}{\sigma} \quad (23.2)$$

(23.1) formuladan balkaning bosh yuzalarida hosil bo'ladigan bosh normal kuchlanishlarning qiymatlari, (23.2) formuladan ularning yo'nalishlari aniqlanadi.

Bosh yuzalar bilan  $45^\circ$  burchak hosil qilgan yuzalarda maksimal urinma kuchlanishlar hosil bo'ladi:

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

bunda  $\sigma_1$  va  $\sigma_3$  larning qiymatlarini (1.9) formuladan keltirib qo'ysak, quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$\tau_{\frac{\max}{\min}} = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \quad (23.3)$$

Bu formulalardan ko'rinadiki, bosh kuchlanishlar hamda maksimal va minimal urinma kuchlanishlarining eng katta qiymatlari ko'ndalang kesimda hosil bo'ladigan normal va urinma kuchlanishlarga bog'liq. Binobarin ularning qiymatlarini normal kuchlanish  $\sigma$  bilan urinma kuchlanish  $\tau$  birgalikda katta qiymatlarga erishgan nuqtalarni shu bilan birga  $M_x$  va  $Q_x$  lar birgalikda eng katta bo'lgan balka kesimlarini izlash kerak. Masalan, qo'shtavr kesimli balka uchun bunday nuqta uning pastki va ustki tokchalari bilan devorni ajratuvchi sathga to'g'ri keladi.

(v) va (g) formulalardan ko'rinadiki, normal kuchlanish - eguvchi momentga va urinma kuchlanish - kesuvchi kuchga bog'liqdir. Binobarin balka, uzunasi bo'yicha  $M$  bilan  $Q$  ning miqdorlari birgalikda o'zining eng katta yoki unga yaqinroq qiymatlariga erishgan ko'ndalang kesimlarni izlash kerak.

Shunday qilib, balkalarning mustahkamligi bosh kuchlanishlar bo'yicha quyidagi ikki shart bajarilgan taqdirdagina tekshiriladi:

1. Balkaning biror kesimida eguvchi moment bilan kesuvchi kuch birgalikda o'zining eng katta yoki unga yaqinroq qiymatiga ega bo'lishi kerak.

2. Balka kesimining eni uning ustki va pastki chetiga yaqin yerda masalan, qo'shtavr kabi kesimlardagidek to'satdan o'zgarishi kerak.

Balkadagi bosh kuchlanishlar (23.3) formula asosida topilgandan keyin, uning mustahkamlik sharti mustahkamlik nazariyalaridan biri yordamida tekshiriladi, masalan III nazariyaga ko'ra:

$$\sigma_1 - \sigma_3 \leq [\sigma] \quad \text{yoki} \quad \frac{1}{2} \left[ \sigma + \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} - \sigma + \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \right] \leq [\sigma]$$

bundan quyidagi kelib chiqadi:

$$\sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma] \quad (23.4)$$

IV nazariyaga ko'ra:

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma] \quad (23.5)$$

bo'ladi. Bu formuladagi  $\sigma$  va  $\tau$  ning qiymatlari (v) va (g) formulalardan topiladi.

### Nazorat uchun savollar

1. Balka kesimining neytral o'qi qanday hususiyatga ega?
2. Eng ratsional kesimlar qanday shaklga ega bo'ladi?
3. Neytral o'q kesimning qanday nuqtasidan o'tadi?
4. Normal kuchlanishlar qanday aniqlanadi?
5. Normal kuchlanishlar bo'yicha mustaxkamlik sharti?
6. Balka kesimidagi urinma kuchlanishlarning teng ta'sir etuvchisi nimaga teng?
7. Balka kesimi balandligi davomida urinma kuchlanishlar qanday qonuniyat bilan o'zgaradi?
8. Kesimning qanday nuqtalarida urinma kuchlanish nol, maksimum bo'lishi mumkin?
9. Statik moment kesimning qaysi nuqtasi uchun eng katta qiymatga ega bo'ladi?
10. Bosh kuchlanishlar nima?
11. Bosh yuzalarning yo'nalishi qaysi formula orqali topiladi?
12. Qaysi xollarda balkaning mustaxkamligi bosh kuchlanishlar bo'yicha tekshiriladi?
13. Balkaning mustaxkamligi qaysinazariyalarga ko'ra tekshiriladi?

## 6— Ma’ruza

### MAVZU: “Qiyshiq egilishda kuchlanish va deformatsiya”.

#### Reja:

1. Brus murakkab deformatsiyasining ko’rinishlari. Ichki kuchlarni aniqlash.
2. Qiyshiq egilishda balka kesimlaridagi normal kuchlanishlarni aniqlash.
3. Qiyshiq egilishda balkaning deformatsiyasini aniqlash.

#### 6.1. Brusning murakkab deformatsiyasi

1. Hozirga qadar brusning to’rt xil ko’rinishga ega bo’lgan eng oddiy deformatsiyalari: markaziy cho‘zilish (siqilish), siljish, buralish va egilish deformatsiyalari ko’rib chiqiladi va ularning kesimlarida (egilishdan tashqari) faqat bitta ichki kuch hosil bo’lishi aniqlandi. Egilishda ham, asosiy, hal qiluvchi ichki kuch – eguvchi moment ekanligi ta’kidlanadi. Shu bilan bir qatorda ko’p hollarda amaliyotda shunday konstruksiyalarni uchratish mumkiniki ularning kesimlarida bir vaqtning o’zida bir qancha ichki kuchlar hosil bo’ladi. Masalan: bo’ylama kuch “ $N$ ” bilan burovchi moment “ $M_b$ ”, burovchi “ $M_b$ ” va eguvchi “ $M_{eg}$ ” momentlar, yoki undan ham ko’proq ichki kuchlar. Bunday holatni brusning murakkab deformatsiyasi, yoki murakkab qarshiligi deb ataladi. Bruslarni murakkab qarshilikka hisoblash uchun avvaldagidek ichki kuchlar epyuralari quriladi, havfli kesimning holati aniqlanadi.

2. Ichki kuchlar epyuralari va ularning tahlili.

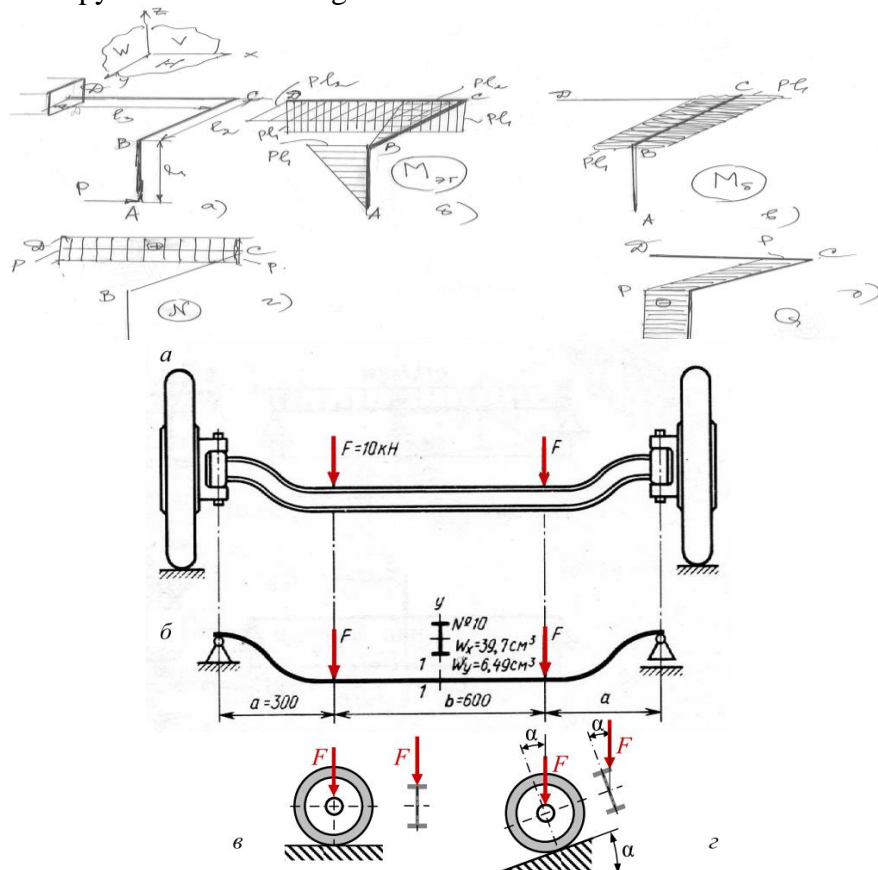


Рис. 8.1. При въезде автомобиля на наклонную плоскость линия действия силы  $F$  не совпадает ни с одной из главных плоскостей инерции поперечного сечения балки

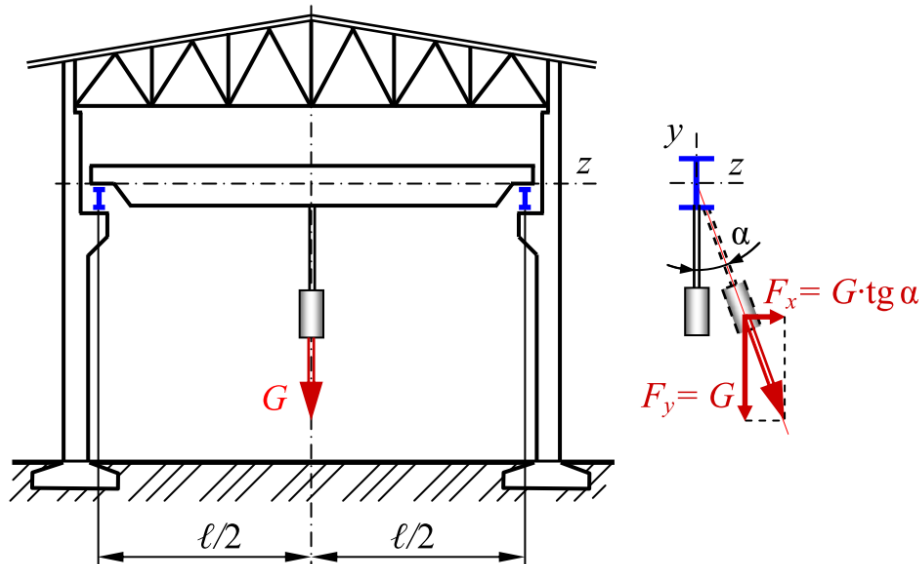


Рис. 8.2. В начале движения мостового крана вдоль пролета цеха, и при его торможении возникает горизонтальная сила вследствие инерции груза

Rasm 26.1

O‘qi fazoviy siniq chiziqdan iborat bir uchi ( $D$ ) qistirib mustahkamlangan brusning erkin ( $A$ ) uchiga  $R$  ta’sir etgan. (Rasm 26.1) Rasmga b), v), g), d) larda brus kesimlarda hosil bo‘ladigan ichki kuchlar epyuralari keltirilgan.

Brusning  $VS$  qismi egilish va buralishga,  $SD$  qismi esa cho‘zilish va ikki tekislikda egilishga ishlaydi. Ya’ni murakkab deformatsiyalar sodir bo‘ladi.

Brusni mustahkamlikka va bikirlikka hisoblashlarda bu holatlar e’tiborga olinadi.

### 6.1.1. Mustahkamlik gipotezalari.

Oddiy deformatsiyalarda jismda (yemirilish) havfli holat faqat bitta kuchlanish ta’sirida sodir bo‘ladi. Bu holatlarda mustahkamlikka hisoblar murakkab emas, chunki tajribaviy natijalar ham mavjud.

Hajmiy kuchlanish holatlar uchun tajribalar o‘tkazish murakkab masala hisoblanadi va juda kam doiradagi holatlar uchungina natijalar mavjud.

Shu sababdan hajmiy kuchlanish holati uchun: havfli holatni ma’lum gipoteza, tahminlarga asosan belgilanadi.

Ikkita turli kuchlanganlik holatlardagi havfli holatlarni tengligi alomatlarini belgilovchi omillarga mustahkamlik gipotezalari deb ataladi. Hozirga qadar ma’lum bo‘lgan 5-ta mustahkamlik gipotezalarning birinchi ikkitasi hozirgi kunda umuman qo‘llanilmaydi, chunki tajribada tasdiqlanmagan.

Birinchi mustahkamlik nazariyasini Eng katta normal kuchlanishlar gipotezasi – **Galiley**.

Ikkinchi mustahkamlik nazariyasini Eng katta cho‘zish deformatsiyasi gipotezasi- **Mariotta**

Uchinchi mustahkamlik nazariyasini eng katta urinma kuchlanishlar nazariyasi – **Kulon**

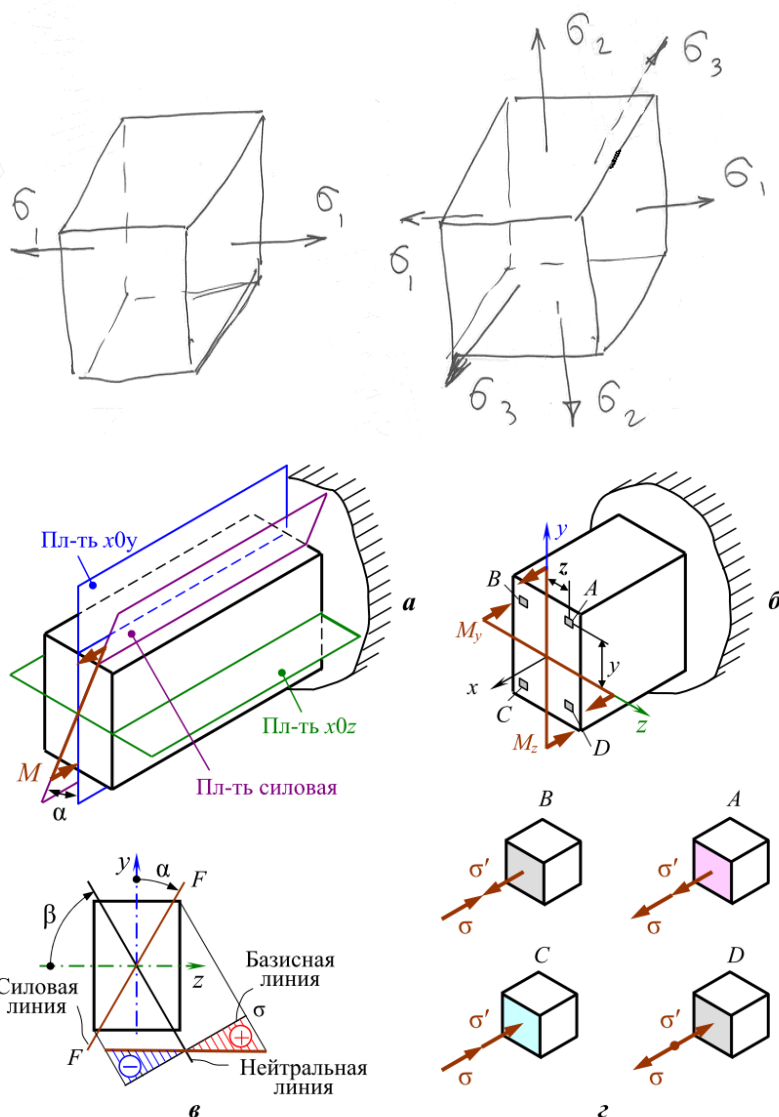


Рис. 8.3. Взаимное положение силовой плоскости и главных плоскостей инерции при косом изгибе (а); внутренние усилия в произвольном сечении бруса (б); характер распределения напряжений в произвольном сечении бруса (в); напряженное состояние в произвольных точках поперечного сечения бруса (г)

Rasm 26.2

Rasmda  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  – bosh kuchlanishlar.

Bu gipotezaga asosan havfli kuchlanish holati jismda urinma kuchlanishlar ta'sirida sodir bo'ladi. Shuning uchun mustahkamlik sharti

$$\tau_{\max} \leq [\tau] \quad (\text{A})$$

ko'rinishga ega bo'ladi, bu yerda

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}, \quad [\tau] \approx \frac{[\sigma]}{2} \quad (\text{B})$$

(A) ni quyidagi ko'rinishda yozish mumkin

$$\sigma_1 - \sigma_2 \leq [\tau] \quad (\text{S})$$

Bosh kuchlanishlar  $\sigma_1$  va  $\sigma_2$

$$\sigma_{1,2} = \frac{1}{2} \left[ \sigma_x + \sigma_y \pm \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2} \right]$$

Ekanligi e'tiborga olinsa (S) ni quyidagi ko'rinishga keltirish mumkin

$$\sigma_{x_{isc}} = \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2} \leq [\sigma], \quad (26.1)$$

bu yerda  $\sigma_{x_{isc}}$  – hajmiy kuchlanganlik holatidagi hisobiy kuchlanish.

Bu mustahkamlik gipotezasi plastik materiallar uchun o'tkazilgan tajribalar natijalari bilan tasdiqlangan va mustahkamlikka hisoblashlarda keng qo'llaniladi.

To'rtinchi mustahkamlik nazariyasi energetik nazariya – **Mizes-Genki**. Bu nazariya asosida hosil qilingan hisob formulasi quyidagi ko'rishga ega.

$$\sigma_{xuc} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}\right)^2} + 3\tau_{xy} \leq [\sigma], \quad (26.2)$$

Husuiy holda:  $\sigma_x = \sigma$ ;  $\sigma_y = \sigma$ ;  $\tau_{xy} = \tau$ , uchun

$$\sigma_{xuc} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma], \quad (26.3)$$

ko'rinishga ega bo'ladi.

Bu gipoteza ham plastik materiallar bilan o'tkazilgan tajribalarda yaxshi isbotlangan va amalda keng qo'llaniladi.

Beshinchi mustahkamlik nazariyasi chegaraviy kuchlanganlik xolat – **Mor nazariyasi**

Yuqorida ko'rib chiqilgan barcha nazariyalarda havfli kuchlanish holati sodir bo'lishining asosiy sababi sifatida bitta omil – alohida holda kuchlanish, deformatsiya yoki potensial energiya olingan.

Mor nazariyasida havfli holat sodir bo'lishiga materialning mexanik hususiyatlari ham sabab bo'lishi ta'kidlanadi.

Mazkur nazariyaga asosan hajmiy kuchlanganlik holatida jismning mustahkamlik sharti

$$\sigma_{xuc} = \sigma_1 - K\sigma_2 \leq [\sigma], \quad (26.4)$$

ko'rinishga ega; bu yerda

$$K = \frac{\sigma_{e,r}}{\sigma_{e,c}}$$

koefitsent materialning cho'zilishga va siqilishga turlicha qarshilik ko'rsatishini ifodalovchi koefitsent.

$\sigma_{vr}$  – materialning cho'zilishdagi vaqtincha qarshiligi

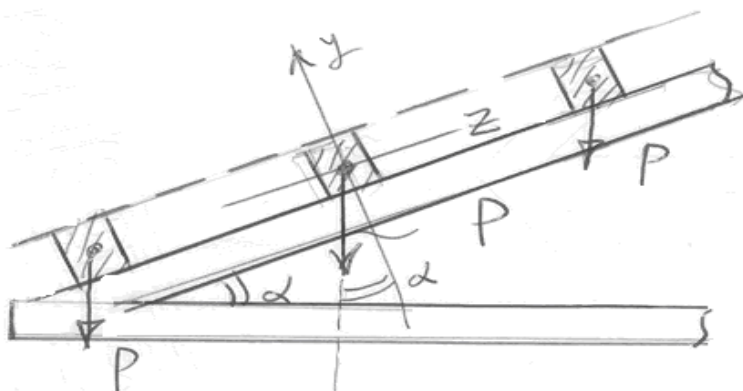
$\sigma_{vs}$  – materialning siqilishdagi vaqtincha qarshiligi.

Demak bu nazariya mo'rt va plastik materiallar uchun ham qo'llanishi mumkin.

## 6.2. Qiyshiq egilish. Qiyshiq egilishda kuchlanishlarni aniqlash.

Qiyshiq egilishda normal kuchlanishlarni aniqlash.

Qiyshiq egilish deb murakkab qarshilikning bir ko'rinishi bo'lib natijaviy eguvchi moment ta'sir etayotgan tekislik brus (balka) kesim yuzasining bironta ham bosh inersiya o'qlari orqali o'tmaydigan egilishga aytiladi. Masalan, bino tomidagi tunika ostiga qoqiladigan taxtalar (panjara) qiyshiq egilishga ishlaydi, chunki taxtaga tushayotgan yuk uning bosh o'qlari bilan  $\alpha$  burchak hosil qiladi. (Rasm 26.3)



Rasm 26.3

Bu holatdagi balkalarni mustahkamlikka hisoblash uchun avval havfli kesimdagi maksimal kuchlanishlar aniqlanishi lozim. Buni bir uchi bilan qistirib mahkamlangan konsol balka misolida bajaramiz. (Rasm.26.3)

Konsol uchiga qo'yilgan R kuchni koordinata o'qlari bo'yicha ikkita tashkil etuvchiga ajratamiz.

$$\left. \begin{aligned} P_y &= P \cos \alpha \\ P_x &= P \sin \alpha \end{aligned} \right\} \quad (26.5)$$

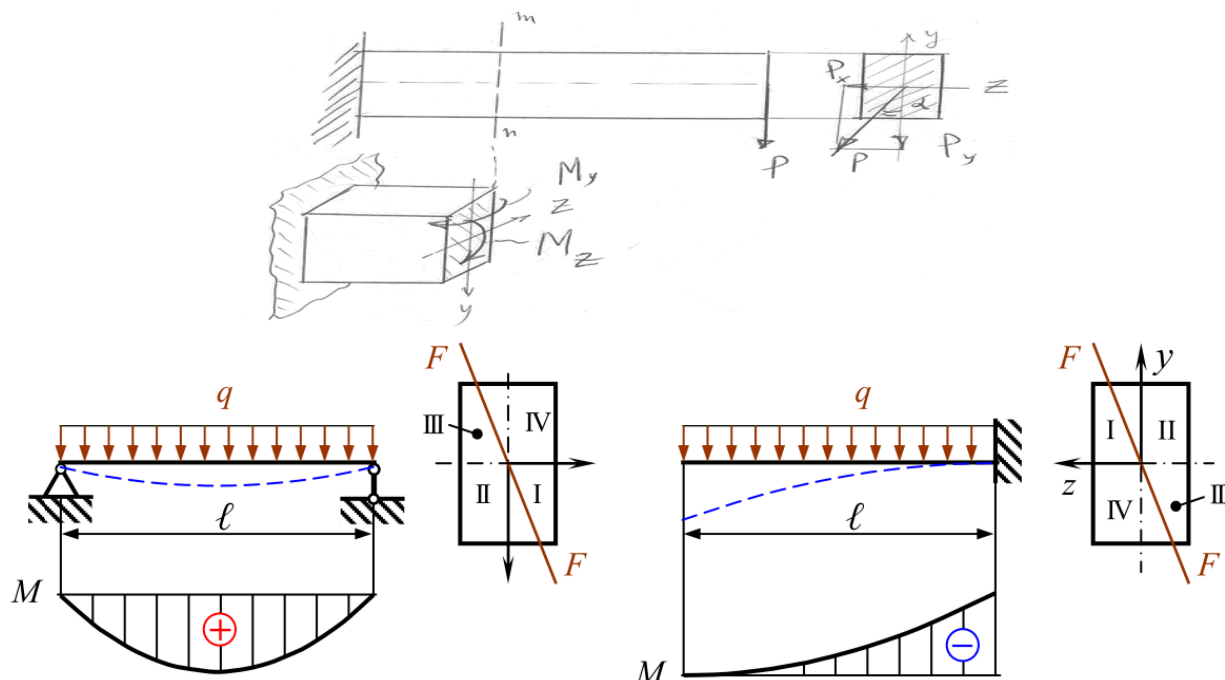


Рис. 8.4. Примеры выбора направления координатных осей при косом изгибе

Rasm 26.3

Kesish usuliga asosan balkaning m-n kesimining bosh inersiya o'qlariga nisbatan eguvchi momentlar

$$\left. \begin{aligned} M_z &= P_y \cdot x = P \cdot x \cos \alpha \\ M_y &= P_x \cdot x = P \cdot x \sin \alpha \end{aligned} \right\} \quad (26.6)$$

ga teng bo'ladi.

Shunday qilib qiyshiq egilishni  $M_z$  va  $M_y$  momentlar ta'sirida balkaning bosh tekisliklari bo'ylab ikkita tekis egilishga olib kelinadi.

Tekis egilishdagi normal kuchlanishlarni aniqlash formulasidan, hamda kuchlar ta'sirining mustaqillik prinsipiga asoslangan holda mazkur balka kesimining istalgan nuqtasidagi kuchlanish formulasini umumiy holda

$$\sigma = \pm \frac{M_z \cdot y}{J_z} \pm \frac{M_y \cdot z}{J_y} \quad (26.7)$$

ko'rinishda yozamiz; bu yerda ishoralar mazkur nuqtadagi kuchlanish cho'zuvchi (+), yoki siquvchi ekanligiga qarab olinadi. Agarda balka kesimining shakli ikkita o'qqa nisbatan simmetrik bo'lib, burchak nuqtalarning koordinatalari modul jihatdan maksimumga ega bo'lsa balka kesimidagi kuchlanishlarning eng katta qiymati quyidagi:

$$\sigma_{\max} = \pm \frac{M_z}{W_z} \pm \frac{M_y}{W_y} \quad (26.8)$$

formula bilan aniqlanadi.

### 6.3. Qiyshiq egilishda balka ko'ndalang kesimi neytral o'qining holatini aniqlash.

Balka kesim yuzasi murakkab shakldan iborat bo'lsa kuchlanishlarning eng katta qiymatlarini aniqlash uchun avval balka kesim neytral o'qining holati, so'ng bu o'qdan eng uzoq joylashgan nuqtalar koordinatalari aniqlanadi (Rasm 26.4). Neytral o'qda yotuvchi nuqtalarda kuchlanishlar nolga teng bo'lganligi uchun

$$\sigma = \frac{M_z \cdot y_n}{J_z} + \frac{M_y \cdot z_n}{J_y} = 0 \quad (26.9)$$

bu yerda  $y_n, z_n$  – neytral o'qda yotuvchi nuqtalar. (18.5) formuladan

$$-\frac{y_n}{z_n} = \frac{J_z}{J_y} \cdot \frac{M_y}{M_z} \quad (26.10)$$

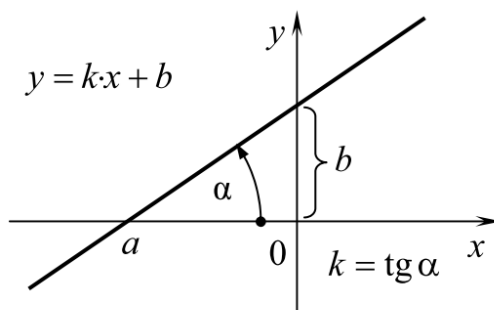
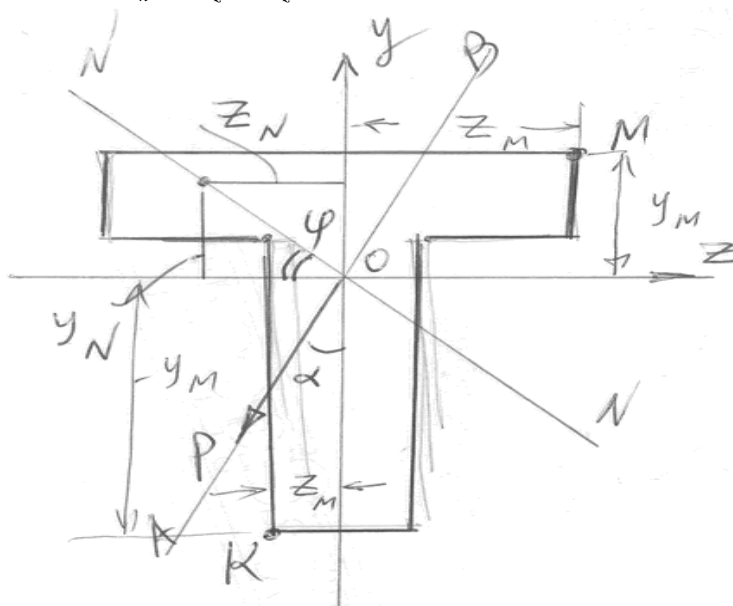


Рис. 8.5. Уравнение прямой с угловым коэффициентом и график прямой линии, известные из школьного курса

Rasm 26.4

(Rasm 20.1)dan  $tg\varphi = -\frac{y_n}{z_n}$ , hamda (26.9) da  $M_y, M_z$  ifodalarni e'tiborga olib neytral o'qning holatini aniqlash uchun quyidagi formula hosil qilinadi.

$$|tg\varphi| = \left| \frac{J_z}{J_y} tg\alpha \right| \quad (26.11)$$

Bu (26.7) ifodadan  $J_z=J_y$ , holda (kvadrat, muntazam ko'pburchak, doira kesimlar uchun) neytral o'q N-N kuch chizig'i A-V ga perpendikulyar ekanligi ko'rinadi.



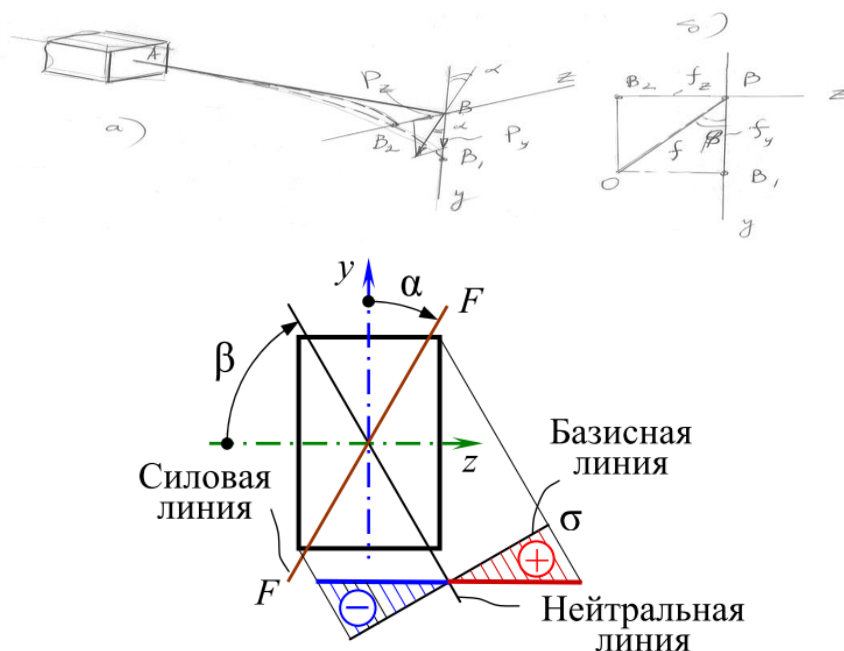
Neytral o'qdan eng uzoq yotgan nuqtalar M va K nuqtalar ekanligi aniqlanadi va shu nuqtalardagi kuchlanishlar:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{\max} &= |\sigma_K| = \frac{M_z \cdot y_K}{J_z} + \frac{M_y \cdot z_K}{J_y} \\ \sigma_{\min} &= |\sigma_M| = \frac{M_z \cdot y_m}{J_z} + \frac{M_y \cdot z_m}{J_y} \end{aligned} \right\} \quad (26.12)$$

ga teng bo'ladi.

### 3. Qiyshiq egilishda balka kesimlaridagi ko'chishlarni aniqlash.

Qiyshiq egilishda balka kesimlaridagi ko'chishlar, kuchlar ta'sirining mustaqilligi prinsipiga asosan  $R_u$  va  $R_z$  kuchlar ta'sirida bosh o'qlar bo'yicha ko'chishlardan tuzilgan geometrik yig'indiga teng bo'ladi.



Rasm 26.5

$R_u$ ,  $P_z$  kuchlar ta'sirida konsol balkaning uchidagi salqiliklarini ma'lum formula

$$f_y = \frac{P_y l^3}{3EJ_z}, \quad f_z = \frac{P_z l^3}{3EJ_y} \quad (V)$$

asosida aniqlaymiz.

Umumiy salqiligni esa ularning (V) geometrik yig'indisi sifatida aniqlaymiz

$$f = -\sqrt{f_y^2 + f_z^2} \quad (S)$$

Umumiy ko'chishning yo'nalishi

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{f_z}{f_y} \quad (D)$$

formuladan aniqlaymiz. (D) ga (V) ifodalarni va  $R_u$ ,  $R_z$  ifodalarini olib kelib qo'yilsa

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{J_z}{J_y} \operatorname{tg} \alpha \quad (18.9)$$

hosil bo'ladi.

(18.9) va (18.7) formulalarni solishtirilsa  $\beta = \varphi$  ekanligi ko'rinadi. Demak, umumiy salqiliklar yo'nalishi neytral o'qqa perpendikulyar bo'ladi.

### Nazorat uchun savollar

1. Brusning murakkab deformatsiyasi qanday sodir bo'ladi?
2. Oddiy deformatsiyadan murakkab deformatsiyaning nima farqi bor?
3. Chiziqli, tekis va hajmiy kuchlanganlik holatlar qanday ta'riflanadi?
4. Bosh normal va eng katta urinma kuchlanishlar qanday ta'riflanadi?
5. Qanday holatlarda mustahkamlik nazariyalaridan foydalaniladi?
6. Qanday holatlarda balkada qiyshiq egilish kuzatiladi?
7. Ikki tekislikda egilish qanday sodir bo'ladi?
8. Nima uchun kesim neytral o'qining holati aniqlanadi?
9. Qanday hollarda neytral o'q kuch chizig'iga perependikulyar bo'ladi?
10. Qiyshiq egilishda balka o'qidagi umumiy ko'chishlar qanday aniqlanadi?

## 7-Mavzu

### MAVZU: “Qurilish mexanikasiga kirish”.

#### Reja:

1. Qurilish mexanikasi fanining mohiyati va usullari. Qurilish mexanikasi fanining qisqacha rivojlanish tarixi va boshqa fanlar bilan uzviy bog'liqligi.
2. Inshootlar hisoblash sxemalarini tanlash va ularning turlari.
3. Inshootlar hisoblash sxemalarining kinematik analizi

#### 7.1. Qurilish mexanikasi fanining mohiyati, maqsadi va uning vazifalari.

Qurilish mexanikasi muhandislik fanlarining asosi bo'lib, u quruvchi muhandislarga inshoot va uning elementlarini tejamli, mustahkam, chidamli va muqobil shakllarini topib loyihalash va chizishni o'rgatadigan fandır.

Demak, **qurilish mexanikasi inshootlar va konstruksiyalarning mustahkamligi, bikrligi va ustuvorligini hisoblash usullari to'g'risi-dagi fandır.**

Yangi loyihalananayotgan inshootlarni **mustahkamlikka** hisoblashdan maqsad, ularni tashqi kuchlarga chidamli bo'lishini ta'minlashdan iboratdir.

Inshootlarning tashqi yuklar ta'siridan hosil bo'ladigan katta ko'chishlarining oldini olish va har xil tebranishlar ta'siriga chidamliligini oshirish hamda ulardan mo'tadil foydalanishini ta'minlash maqsadida **bikrlikka** hisoblanadi.

**Ustuvorlikka** hisoblash deganda, inshootlarni tashqi yuklar ta'sirida deformatsiyalanganidan keyingi muvozanat holatini saqlash tushuniladi.

Inshootlarni tashqi yuklarga hisoblashda qurilish mexanikasi fani matematika, fizika, nazariy mexanika, materiallar qarshiligi va elastiklik nazariyasi fanlariga tayangan holda ish qo'radi. Qurilish mexanikasini puxta o'zlashtirishni o'z oldiga maqsad qilib qo'ygan talaba yuqoridagi fanlarni chuqur o'zlashtirishi lozim.

Qurilish mexanikasi fani inshootga ta'sir etuvchi yuklarning xarakteriga qarab ikkiga bo'linadi: **inshootlar statikasi va inshootlar dinamikasi.**

Inshootlar statikasida inshootga ta'sir qiluvchi kuchlar asta-sekinlik bilan, ya'ni statik qo'yilgan deb qaraladi. Inshootlar dinamikasida esa tashqi yuklarni dinamik kuch deb qarab (qiymati va yo'nalishi o'zgarib turuvchi kuch), vaqtga bog'lab o'rganiladi.

Inshootlar va ularning konstruksiyalarini hisoblashda har qanday muhandis ikkita omilni: inshootga ta'sir qiluvchi tashqi kuchlarni va uning ta'siridan inshoot va uning elementlarida hosil bo'ladigan ichki zo'riqlashlarni aniqlashni bilishi muhim rol o'ynaydi.

Inshootga tashqaridan ta'sir qiluvchi kuchlar (tashqi yuklar)ga quyidagilar kiradi: **i n s h o o t n i n g o'z og'irligi, asbob-uskunalar va odamlarning og'irliklari, a t m o s f e r a k u c h l a r i n i n g t a ' s i r i** va boshqalar.

Ichki zo'riqlash kuchlari bizga materiallar qarshiligi fanidan ma'lum bo'lib, ular uch turga bo'linadi. Inshootning egilishga qarshilik ko'rsatuvchi ichki zo'riqlash kuchini **e g u v c h i m o m e n t (M<sub>x</sub>)**, kesilishiga qarshilik ko'rsatuvchi ichki zo'riqlash kuchini **k e s u v c h i y o k i k o'ndalang k u c h (Q<sub>x</sub>)**, cho'zilish va siqilishga qarshilik ko'rsatuvchi ichki zo'riqlash kuchlarini esa **b o' y l a m a k u c h l a r (N<sub>x</sub>)** deb belgilaymiz. Xalqaro SI o'lchovlar sistemasida eguvchi momentning birligi kN·m da, ko'ndalang va bo'ylama kuchlarning birligi esa kN larda o'lchanadi.

Demak, **qurilish mexanikasining asosiy vazifalaridan biri – inshootlarda tashqi yuklardan hosil bo'ladigan ichki zo'riqlash kuchlari(M<sub>x</sub>, Q<sub>x</sub>, N<sub>x</sub>)ni aniqlashdan iboratdir. Inshoot va uning elementlarida tashqi yuklar ta'siridan hosil bo'ladigan salqilik, ko'chish, chekli kuch miqdorini aniqlash, tebranish amplitudalari va vaqtini aniqlash kabi masalalar ham qurilish mexanikasining vazifalariga kiradi.**

#### 7.1.2. Qurilish mexanikasi fanining masalalari.

Keng ma'noda qurilish mexanikasi quyidagi fanlarni o'z ichiga oladi: *nazariy mexanika, materiallar qarshiligi, elastiklik nazariyasi, plastiklik nazariyasi, polzuchest (sirg'alish) nazariyasi.*

Tor ma'noda qurilish mexanikasi, *sterjenli sistemalarning qurilish mexanikasi, plastina va qobiqlar qurilish mexanikasi* kabi fanlarni o'z ichiga oladi.

**Materiallar qarshiligi** asosan inshoot qismlari yoki elementlari-ning taqribiy hisoblari bilan shug'ullanadi. **Qurilish mexanikasi** (tor ma'noda) materiallar qarshiligidan farqli ravishda inshootlarning (qismlar va elementlar majmuasi) taqribiy hisoblari bilan shug'ullanadi. **Elastiklik nazariyasida** esa yuqoridagidan farqli o'laroq, masalalar qat'iy va aniq echilishi talab etiladi. SHuning uchun bu erda ancha murakkab matematik apparatdan foydalanishga to'g'ri keladi. SHuni e'tiborga olish lozimki, bu fanlar orasida aniq chegara o'tkazish qiyin.

**Plastiklik nazariyasi** plastik hamda elastigu plastik jismlar deformatsiyasi va kuchlanishlari orasidagi munosabatlarni o'rganishga bag'ishlanadi.

**Polzuchest (sirg'alish) nazariyasi** jismlarning vaqt o'tishi bilan deformatsiyalanishi yoki o'zgarmas deformatsiya holatida vaqtga bog'liq holda kuchlanishning o'zgarishi muammolarini o'rganishga bag'ishlangan.

Hozirgi vaqtda qurilish mexanikasining yangi zamonaviy yo'nalishi shakllandi – bu ch e k l i e l e m e n t l a r n a z a r i y a s i deb ataladi. Bu nazariyadan foydalanib, qurilish mexanikasining barcha masalalari shaxsiy EHM yordamida echilishi mumkin.

Bundan tashqari, qurilish mexanikasi tajribalarga asoslanib rivojlanuvchi nazariy fandir. Nazariyaga asoslanib erishilgan har bir natija tajribada tasdiqlanmaguncha amaliyotga qo'llanilmaydi.

Yuqorida ta'kidlab o'tganimizdek, *qurilish mexanikasining barcha masalalari ikkiga bo'linadi, ya'ni: statik masalalarda vaqt hisobga olinmagan holda o'rganilsa, dinamik masalalarda vaqt va inshootlarda hosil bo'ladigan vaqtning hosilasi sifatida qaraladigan inersiya kuchlari hisobga olib qaraladi.*

Statik va dinamik masalalar, o'z navbatida, bir o'lchamli, yassi va fazoviy masalalarga bo'linadi. *Bir o'lchamli masalalarda noma'lum faktor bitta koordinata o'qining funksiyasi orqali qaralsa, yassi masalalarda ikkita koordinata o'qining funksiyasi, fazoviy masalalarda esa uchta koordinata o'qining funksiyasi deb qaraladi.* Fazoviy masalalarni yassi elementlarga ajratish orqali, hisoblash ancha osonlashtiriladi.

Qurilish mexanikasi masalalari chiziqli va chiziqsiz masalalarga ham ajratiladi. Chiziqsiz masalalar o'z navbatida geometrik va fizik chiziqsiz masalalarga bo'linadi. *Geometrik chiziqsiz masalalar qurilish konstruksiyalarining elementlarini katta ko'chishlarida va deformatsiyalanishida hosil bo'lib, amaliyotda juda kam uchraydi. Fizik chiziqsiz masalalar konstruksiya elementi materialining ishlashi davomida kuchlanish va deformatsiyani proporsionallik chegarasining buzilishi oqibatida sodir bo'ladi.* Bunday xususiyatga deyarli barcha konstruksiyalar ega bo'ladi. Ko'pincha fizik chiziqsiz masalalarda katta kuchlanishlar sodir bo'lmasa ularni chiziqli masala deb qarash mumkin.

### 7.1.3. Qurilish mexanikasi fanining qisqacha rivojlanish tarixi.

Qurilish mexanikasi fanining dastlabki rivojlanish davrida mustaqil fan bo'lmay, umumiy mexanikaning tarkibiy qismlaridan biri sifatida rivojlangan. Mexanika fanining nazariy asoslari dastlab qadimgi Yunoniston va Misrda paydo bo'lgan. Mexanika so'zini ilmiy atama sifatida fanga birinchi bo'lib kiritgan olim, eramizdan 384-322 yillar ilgari yashab o'tgan Yunonistonlik mashhur faylasuf Aristotel (Arastu) hisoblanadi. Mexanikaning xilma-xil masalalarini hal ztishda qadimgi zamon olimlaridan Arximed, Geron, Platon, Ptolomey va boshqalarning xizmatlari benihoya kattadir.

Sharq mamlakatlarida mexanika fani IX asrdan boshlab rivojlana boshladi. Qadimgi Yunon olimlarining asarlarini ijodiy o'rganib, mashhur vatandoshimiz Abu Ali ibn Sino o'zining «Donishnoma» asarida yuklarni ko'taradigan uskunalar haqida fikrlarni aytadi. Al Xorazmiy «Fanlar kaliti» asarida mexanika fani to'g'risida g'oyalarni ilgari suradi. SHarqning mashhur olimlaridan Abu Rayhon Beruniy, Abu Abdulloh al Xorazmiy, Umar Xayyom, Forobiy va boshqalar mexanika fanining rivojlanishida munosib hissa qo'shganlar.

Yurtimizda YII-YIII asrlarda islom dinining kirib kelishi bilan mahobotli masjid, madrasa, minora, maqbaralar qurilishi avj olib ketdi. Shunday qadimiy yodgorliklardan hozirgi kungacha

saqlanib kelayotganlaridan biri 1127 yilda muhandis va me'mor Bako tomonidan bunyod etilgan Buxorodagi Minorai Kalon ulkan minora hisoblanadi. Ushbu minoraning balandligi 50 m, asosining diametri 9 m bo'lib, yuqoriga borgan sari ingichkalashib borgan. Hozirgi kun qurilish mexanikasi nuqtai nazari bilan qaraganda, ushbu minoraning shakli siqilishga teng qarshilik ko'rsatuvchi jism sifatida, zilzilabardosh qilib qurilganligidir. Bunday qadimiy me'morchilik obidalarini asrlar osha shu kungacha etib kelishi bobokalon me'mor va ustalarimizning amaliy qurilish mexanikasidan yaxshi xabardor ekanliklarini bildiradi.

Qadimgi Yunon olimlarining asarlarini ijodiy o'rganib, ularni o'z asarlari bilan boyitgan sharq olimlari dunyoda mexanika fanini rivojlanishida ulkan hissa qo'shdilar. Ushbu boy meros turli yullar bilan Evropaga kirib bordi. Natijada mexanika fanining keyingi rivoji Evropaga ko'chdi.

Evropada Uyg'onish davrida Leonarda da Vinchi, Kopernik, Galileo Galiley, Nyuton singari mexanikaning buyuk olimlari olamshumul ixtiroolari va ilmiy asarlari mexanikaning rivojlanishiga katta hissa qo'shdilar. Italiyalik mashhur olim Galileo Galileyning (1564-1642) «Ikki yangi fan haqida suhbatlar va matematik isbotlar» asari, materiallar qarshiligi va qurilish mexanikasi fanlari to'g'risida birinchi kitob hisoblanadi. 1678 yilda ingliz olimi Robert Guk (1635-1703) o'zining mashhur qonuni, ya'ni jismning elastik deformatsiyasi unga ta'sir qiluvchi kuchga to'g'ri proporsionalligini kashf qildi. Hozirgi zamon qurilish mexanikasining barcha nazariyalari ana shu qonunga asoslanadi.

XVIII asrda sanoatning keng rivojlanishi, XIX asrda temir yo'llarning, ko'priklar va yirik sanoat binolarining qurilishi, qurilish mexanikasi fanini yanada rivojlanishiga turtki bo'ldi. Ushbu va bundan keyingi davrlarda qurilish mexanikasi fanining rivojlanishiga chet ellik olimlardan Dalamber, Lagranj, Kulon, Lame, Sen-Venan, Eyler, Maksvell, Mor va boshqalar, rus va sovet olimlaridan D. I. Juravskiy, F. S. YAsinskiy, V. G. SHuxov, L. R. Proskuryakov, A. N Krilov, N. G. Bubnov, B. G. Galyorkin, I. M. Rabinovich, V. Z. Vlasov, K. S. Zavriev, A. F. Smirnov, N. I. Bezuxov, V. V. Bolotin, A. V. Darkov va boshqalarning katta hissa qo'shdilar.

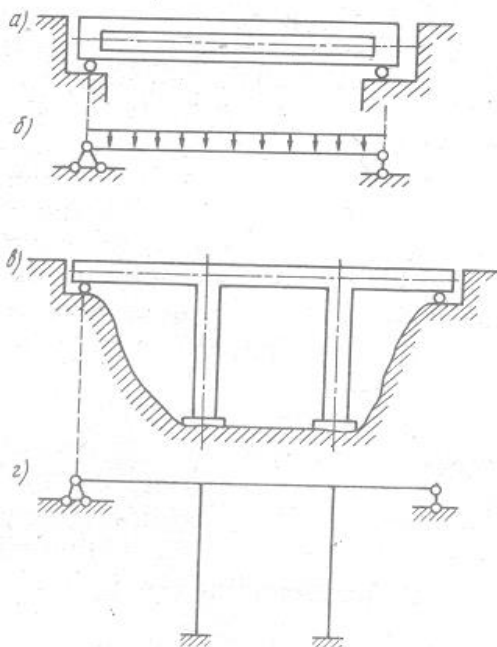
Qurilish mexanikasi fanini rivojlanishiga o'zbekistonlik olimlardan akademiklar M. T. O'rozboev, X. A. Rahmatullin, V. Q. Qobulov, T. R. Rashidov, T. Sh. Shirinqulov va boshqalar o'zlarining munosib hissalarini qo'shdilar. Akademik M. T. O'rozboev o'zbek mexaniklarining otasi hisoblanib, inshootlar seysmik mustahkamligi nazariyasini yaratilishida munosib hissa qo'shgan va birinchi bo'lib o'zbek tilida nazariy mexanika va materiallar qarshiligi kurslaridan o'zbek tilida darslik yaratgan. Akademik X. A. Rahmatullin elastik va elastik-plastik muhitlarda to'lqin tarqalishini dinamik nazariyalarini yaratib, Moskva Davlat Universiteti talabalariga dars bergan. O'zbekistonda kibernetikaning taraqqiyotiga munosib hissa qo'shgan akademik olim V. Q. Qobulov, yaxlit muhitlar mexanikasini algoritmlash, avtomatik boshqaruv sistemasini yaratishda, inshootlarni hisoblashda EHMDan foydalanish sohasida samarali ishlar olib borgan. Akademik T. R. Rashidov er osti inshootlari seysmik mustahkamligi nazariyasini yaratishda ulkan ishlarni amalga oshirgan. Akademik T. Sh. Shirinqulovning zamin va poydevorlar sohasida olib borgan ilmiy tadqiqot ishlari ko'p davlatlarda tan olingan.

## 7.2. Inshootlar hisoblash sxemalarini tanlash.

Muhandislik inshootlari odatda sterjen, balka, plastina, qobiq va xajmiy jismlar singari turli konstruktiv elementlarni tegishli ravishda o'zaro biriktirish yo'li bilan hosil qilinadi. Demak, yaxlit inshoot alohida elementlardan tashkil topgan murakkab sistema hisoblanadi.

Inshootlarni hisoblaganda, ayrim elementlarning o'lcham va shakllarini, ular orasidagi bog'lanishni aniq hisobga olish nazariy jihatdan yo'lmak, yo' o'ta murakkab ishdir. Shuning uchun qurilish mexanikasida boshqa fanlardagi singari ilmiy abstraksiya usulidan foydalanib, mavjud inshoot hisoblash sxema bilan almashtiriladi.

*H i s o b l a s h s x e m a s i — inshootning soddalashtirilgan tasviri bo'lib, unda yuk ta'siridagi*



*inshootning asosiy ko'rsatkichlari mujassamlashgan bo'ladi.* Hisoblash sxemalarida sterjenlar — o'klar bilan, plastinalap — o'rta sirtlar bilan, ko'ndalang kesimlar — yuza va inersiya momentlarining son qiymatlari bilan, real tayanchlar ideal tayanchlar bilan almashtiriladi; yuklar o'qlarga qo'yilgan deb faraz etiladi va h.k. Inshootlar hisobi ana shunday hisoblash sxemalari orqali amalga oshiriladi.

2.1-rasmda bir oraliqli ko'prik (a) hamda balka deb ataluvchi uning hisoblash sxema (b) tasvirlangan. 2.1- rasm, v-da uch oraliqli ko'prik hamda rama deb ataluvchi uning hisoblash sxemasi (g) berilgan. Yo'l qoplamasining vazni hamda ko'priknng hususiy og'irligi balkaga tekis yoyiq kuch sifatida ta'sir etadi. Balkada tashqi kuchlar va harorat ta'sirida bo'ylama kuchlar hosil bo'lmasligi uchun uning tayanchlaridan biri qo'zg'aluvchan, ikkinchisi qo'zg'almas qilib ishlanadi.

Inshootning hisoblash sxemasini tanlash murakkab, ayni paytda, muhim masalalardan biridir. Hisobning sifati, ya'ni uning aniqligi ko'p jihatdan, hisoblash sxemasining qanday tanlanishiga bog'liq.

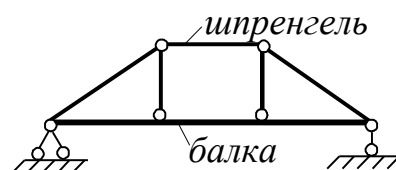
Agar hisob noto'g'ri tanlangan hisoblash sxemasi bo'yicha bajarilgan bo'lsa, u o'ta aniq usullar bilan hisoblangan takdirda ham to'g'ri natija bermaydi.

### 7.2.1. Inshootlar klassifikatsiyasi.

**Inshoot elementlarining o'zaro bog'lanishiga ko'ra quyidagicha bo'ladi:**

- 1) **sharnirli bog'lanishli inshootlar.**
- 2) **bikr bog'lanishli inshootlar.**
- 3) **kombinatsiyali bog'lanishli inshootlar.**

Sharnirli bog'lanishli inshootlarga **f e r m a l a r** misol bo'lsa (2.3-rasm, d), bikr bog'lanishli inshootlarga **r a m a l a r** kiradi (2.3-rasm, v). Ham sharnirli, ham bikr bog'lanishli birikmalardan tashkil topgan inshootlar **k o m b i n a s i y a l i** bog'lanishli inshootlar deyiladi. Bunday inshootlarga balka va shprengeldan tashkil topgan **sh p r e n g e l l i b a l k a** misol bo'ladi (2.7-rasm).

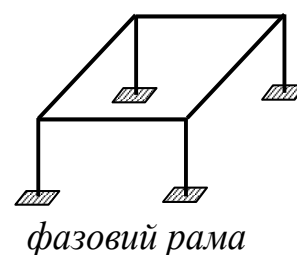


2.7-расм

**IV. Inshoot elementlarining joylashishiga ko'ra yassi va fazoviy sistemalarga bo'linadi.**

*Inshoot va unga qo'yiladigan yuklar bir tekislikda bo'lsa, bunday inshootlar yassi sistemalar deyiladi (2.3-rasm, b, v, g, d va e). Agar inshoot elementlari turli tekisliklarda joylashgan bo'lsa, u fazoviy sistema deyiladi (2.8-rasm).*

**Inshootlar tayanch reaksiyalarining yo'nalishiga ko'ra havonli va havonsiz sistemalarga bo'linadi.** Vertikal yuklar ta'sirida bo'lgan inshootlarning tayanchlarida vertikal va gorizontaal yo'nalishlarda reaksiyalar hosil bo'lsa, u **h a v o n l i s i s t e m a** deyiladi. Masalan 2.3-rasm, g dagi arka havonli sistemaga kiradi.



2.8-расм

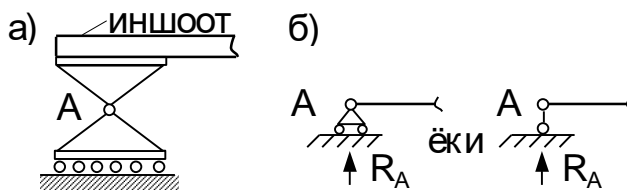
Agarda vertikal yuklar ta'sirida bo'lgan inshootlarning tayanchlarida fakat vertikal yo'nalishlarda reaksiyalar hosil bo'lib, gorizontaal yo'nalishlarda reaksiyalar hosil bulmasa, unga **h a v o n s i z s i s t e m a** deyiladi. Masalan 2.3-rasm, b dagi balka, 2.3-rasm, d dagi ferma va 2.3-rasm, e dagi ko'p oralikli balka, havonsiz sistemalarga kiradi.

### 7.2.2. Tayanchlar va ularning turlari.

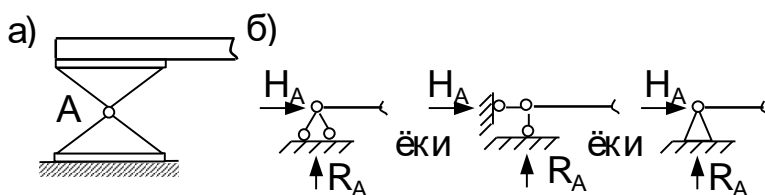
**Inshootlarni poydevor yoki zamin bilan biriktiruvchi va ularning ko'chishini cheklovchi qurilmalar tayanchlar deb ataladi.**

Inshoot tayanchlar asosan quyidagi turlarga bo'linadi:

1. **Sharnirli qo'zg'aluvchan tayanch.** Bu tayanchning konstruksiyasi 2.9-rasm, a da tasvirlangan. Uning sodda tasviri yoki hisoblash sxemai 2.9-rasm, b da ko'rsatilgan. Bunday tayanchga birlashtirilgan inshoot A sharnir atrofida aylanadi va gorizontaal ko'chishi mumkin. U faqat inshootning vertikal ko'chishiga qarshilik ko'rsatadi. Demak ushbu tayanch inshootni bitta erkinlik darajasini cheklaydi. Shu sababli bu tayanchda inshootning faqat vertikal ko'chishiga 2.9-rasm qarshilik ko'rsatadigan vertikal yo'nalish bo'yicha reaksiya kuchi  $R_A$  hosil bo'ladi (2.9-rasm, b).

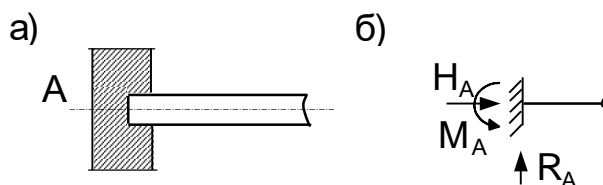


2. **Sharnirli qo'zg'almas tayanch.** 2.10-rasm, a da bu tayanchning konstruktsiyasi va 2.10-rasm, b da uning hisoblash sxemai ko'rsatilgan. Bunday tayanchda inshoot A sharnir atrofida aylana oladi, biroq vertikal va gorizontaal ko'chishlari cheklangandir. Natijada tayanchda vertikal tayanch reaksiyasi  $R_A$  va gorizontaal tayanch reaksiyasi  $H_A$  vujudga keladi. Demak, ushbu tayanch inshootni ikkita erkinlik darajasini cheklaydi.



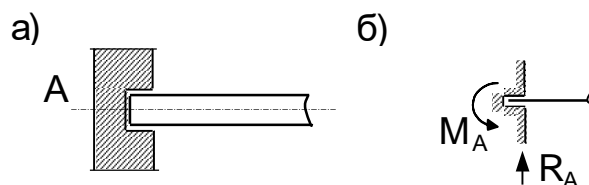
2.10-rasm

3. **Qistirib mahkamlangan yoki bikr tayanch** (2.11-rasm, a). Bunday tayanchga inshoot qistirib mahkamlangan bo'ladi. Bu tayanch inshootning buralishiga, vertikal va gorizontaal ko'chishiga qarshilik ko'rsatganligi sababli, unda vertikal reaksiya kuchi  $R_A$ , gorizontaal reaksiya kuchi  $H_A$  va reaktiv moment  $M_A$  lar hosil bo'ladi (2.11-rasm, b). Demak ushbu tayanch inshootni uchta erkinlik darajasini cheklaydi.



2.11-rasm

4. **Qistirib mahkamlangan qo'zg'aluvchan tayanch.** Inshootda tashqi yuklar va temperatura ta'siridan bo'ylama zo'riqishlar hosil bo'lmasligini ta'minlash uchun tayanchlardan biri qo'zg'aluvchan qilib tayyorlanadi. 2.12-rasm, a da bunday tayanchning konstruksiyasi, 2.12-rasm, b da uning hisoblash sxemai ko'rsatilgan. Bunday tayanchlar inshootning vertikal va burchakli ko'chishini cheklaganligi sababli, ularda vertikal reaksiya kuchi  $R_A$  va reaktiv moment  $M_A$  vujudga keladi. Demak ushbu tayanch inshootni ikkita erkinlik darajasini cheklaydi.



2.12-rasm

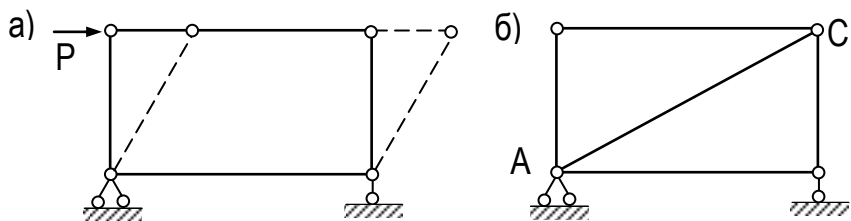
Yuqorida qaralgan tayanchlarning ichida eng mustahkami bikr tayanch hisoblanadi. Chunki, ushbu tayanch inshootni uchta erkinlik darajasini cheklab, uchta ko'chishini cheklaydi. Shu sababli qurilish amaliyotida asosan qistirib mahkamlangan yoki bikr tayanchlar qo'llaniladi.

### 7.3. Inshootlarni hisoblash sxemalarining geometrik tahlili haqida tushuncha.

Qurilishda ishlatiladigan inshootlar tashqi yuklar ta'sirida o'zining shaklini o'zgartirmasligi lozim. Har qanday inshoot geometrik o'zgarimas sistemadan tashkil topgan bo'lsa, dastlabki geometrik shaklini tashqi yuk ta'sirida saqlab turishi mumkin. Geometrik o'zgaruvchan sistemalar qurilishda ishlatilmaydi, chunki bunday sistemalar tashqi yuk ta'sirida o'z shaklini va holatini keskin o'zgartiradi.

Geometrik o'zgaras sistemalar esa o'z shaklini elementlarining deformatsiyalanishi evaziga o'zgartirishi mumkin.

Har bir inshootni hisoblashda oldin uning hisoblash sxemaini geometrik o'zgaraslik shartlariga binoan kinematik tahlil qilish kerak. Masalan 3.1-rasm, b da tasvirlangan sterjenli sistema geometrik o'zgaruvchidir. Chunki, oz miqdordagi R kuchning ta'siri uning shaklini va holatini o'zgartiradi (3.1-rasm, a).



3.1-рasm

Bu sistemaning geometrik o'zgaras bo'lishi uchun unga qo'shimcha bog'lanish AS sterjenni kiritamiz. Hosil bo'lgan uchburchakli sistemaning shakli sterjenlari deformatsiyalanganda o'zgaradi, aks holda o'zgaray turaveradi. Shuning uchun u geometrik o'zgaras sistema hisoblanadi. Uchburchakli sistemalar doimo geometrik o'zgaras hisoblanadi.

**Demak, inshootlarni geometrik o'zgaras yoki o'zgaruvchanligini tekshirish maqsadida kinematik tahlil qilinadi.**

### 7.3.2. Inshootlarning erkinlik darajasi va ularning statik tahlili.

Biror inshoot yoki sistemaning erkinlik darajasi deb, shu inshoot yoki sistemaning elementlari holatini to'lig'icha aniqlaydigan, bir-biriga bog'liq bo'lmagan geometrik parametrlar soniga aytiladi.

Biz asosan tekislikdagi inshootlarni qaraganimiz sababli, yassi inshootlarning erkinlik darajasini aniqlash bilan cheklanamiz.

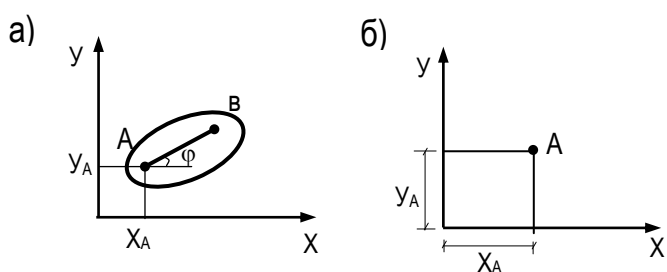
Inshootning har qanday geometrik o'zgaras elementiga disk deyiladi. Disk deb sterjen, balka, plastina, massiv singari elementlarni qarash mumkin. Har qanday disk tekislikda 3 ta erkinlik darajasiga, ya'ni disk 2 yo'nalish bo'ylab ko'chishga va o'z o'qi atrofida burilish burchagiga ega bo'ladi (3.2-rasm, a).

Eng oddiy disk bu sterjendir. 3.2-rasm, a da tasvirlangan sterjen (disk)ning biror qo'zg'almas koordinatalar o'qiga nisbatan holatini uchta  $x$ ,  $u$ ,  $\varphi$  parametrlar orqali aniqlashimiz mumkin. Agar tekislikda biror A nuqta berilgan bo'lsa, uning holati koordinatalar o'qiga nisbatan olingan 2 ta parametr  $X_A$ ,  $U_A$  bilan aniqlanadi. Demak nuqtaning erkinlik darajasi ikkiga teng.

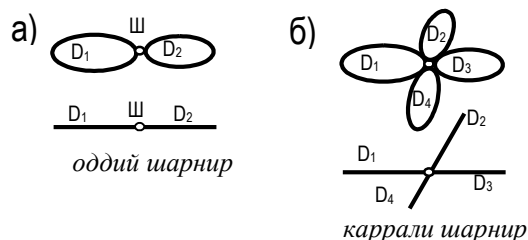
Inshootlar qo'zg'almas bo'lishi uchun inshoot disklarining erkinlik darajasi cheklanadi. Buning uchun disklar har xil bog'lanishlar yordamida bir-biriga tutashtiriladi. Bunday bog'lanishlar vazifasini sharnir va tayanchlar o'taydi. SHarnirlar oddiy va karrali bo'ladi. **Oddiy sharnir 2 ta diskni o'zaro birlashtiradi** (3.3-rasm, a). **Karrali sharnir esa 2 tadan ortiq diskni o'zaro birlashtiradi** (3.3-rasm, b). Karrali sharnirlar soni disklar sonidan 1 ta kam bo'lib, quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$SH = n - 1, \quad (3.1)$$

bu erda: SH - sharnirlar soni; n - disklar soni.



3.2-рasm



3.3-рasm



Har qanday oddiy sharnir 2 ta bog‘lanishga ega bo‘lib, 2 ta diskni birlashtiradi va 2 yo‘nalishdagi o‘zaro ko‘chishni cheklaydi.

Har bir tayanch sterjenlari bitta bog‘lanishga ega bo‘lib, diskarning bitta sterjen yo‘nalishidagi ko‘chishini cheklaydi.

Shunday qilib, sharnirlar (SH) va tayanch sterjenlari ( $S_T$ ) yordamida bir-lashtirilgan disklardan (D) tashkil topgan inshootning erkinlik darajasi (W) quyidagi P.A.CHebishev formulasi yordamida aniqlanadi:

$$W = 3D - 2SH - S_T. \quad (3.2)$$

Sharnirlar va sterjenlardan tashkil topgan sistemalarning, ya‘ni fermalarning erkinlik darajasi esa quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$W = 2T - S - S_T, \quad (3.3)$$

bu erda: T - ferma tugunlarining soni;

S - ferma ichki sterjenlarining soni;

$S_T$  - tayanch sterjenlarining soni.

Tayanch sterjenlariga ega bo‘lmagan sistemalarning erkinlik darajasi shu inshootning o‘zgaruvchanligiga teng bo‘lib, quyidagi munosabat orqali aniqlanadi:

$$U = W - 3 = 3D - 2SH - 3. \quad (3.4)$$

Sharnirlar va sterjenlardan tashkil topgan sistemalar (fermalar) uchun:

$$U = 2T - S - 3. \quad (3.5)$$

1. Agarda  $W > 0$  yoki  $U > 0$  bo‘lsa, sistema geometrik o‘zgaruvchan bo‘lib, etarli bog‘lanishlarga ega emas. Bunday sistemalar mexanizm deyiladi (2.6-rasm, a).

2. Agarda  $W = 0$ ,  $U = 0$  bo‘lsa, sistema etarli (minimum) bog‘lanishlarga ega bo‘lib, geometrik o‘zgarmas bo‘lishi mumkin (2.6-rasm, b).

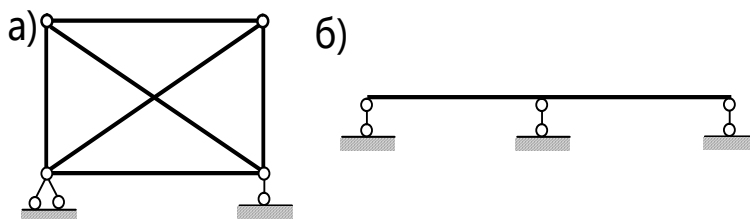
3. Agarda  $W < 0$ ,  $U < 0$  bo‘lsa, sistema ortiqcha bog‘lanishlarga ega bo‘ladi. Ortiqcha bog‘lanishlar soni quyidagicha aniqlanadi (2.6-rasm, v):

$$S_A = -W = C_T + 2SH - 3D, \quad (3.6)$$

bu erda  $S_A$  – ortiqcha bog‘lanishlar soni bo‘lib, sistema statik noaniqlik darajasini ham ifodalaydi.

$W \leq 0$  yoki  $U \leq 0$  shartlarga analitik shart deyilib, inshootlarni geometrik o‘zgarmas va qo‘zg‘almas bo‘lishi uchun ular zaruriy shart bo‘lib, etarli shart emasdir. Masalan, 3.4-rasm, b da tasvirlangan balkaning erkinlik darajasi  $W = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 0 - 3 = 0$  bo‘lsa ham geometrik o‘zgaruvchandir, chunki bu erda balka geometrik o‘zgarmasligining zaruriy sharti bajarilgani bilan etarli sharti bajarilmaydi, u uchta o‘zaro parallel sharnirli qo‘zg‘aluvchan tayanchlarga maxkamlangan bo‘lib, gorizontaal yo‘nalishda harakatga kelishi mumkin.

Demak, inshootlarni haqiqatan ham geometrik o‘zgarmas va qo‘zg‘almas ekanligini aniqlash uchun ularning tuzilishini ham tahlil qilish zarur.



3.4-pacm

### 7.3.3. Inshootlar hisoblash sxemalari tuzilishining tahlili.

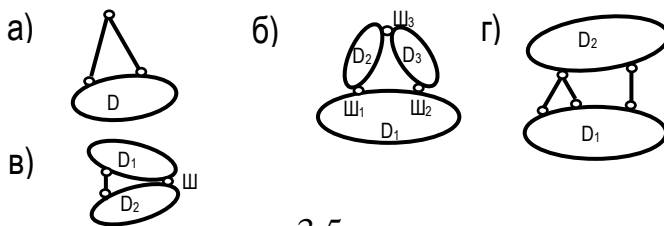
Inshootlarning tuzilishini tahlil qilish uchun disklardan eng oddiy geometrik o‘zgarmas sistemalar tashkil qilish shartlarini bilishga to‘g‘ri keladi. Ular quyidagilardan iborat:

1. Geometrik o'zgarmas sistemaga bir to'g'ri chiziqda yotmagan ikkita sterjen bir sharnir orqali o'zaro tutashtirilsa, bu sistemaning erkinlik darajasi o'zgarmaydi (3.5-rasm, a), ya'ni geometrik o'zgarmas sistema hosil bo'ladi.

2. Uchta diskni o'zaro bir to'g'ri chiziqda yotmagan uchta sharnir yordamida tutashtirib, geometrik o'zgarmas sistema hosil qilish mumkin (3.5-rasm, b).

3. Ikkita diskni o'zaro geometrik o'zgarmas qilib, bitta sharnir va bir sterjen yordami-da tutashtirish mumkin. Bu erda sterjen sharnir markazidan o'tmasligi lozim (3.5-rasm, v).

4. Ikkita diskni o'zaro geometrik o'zgarmas qilib, bir nuqtada kesishmaydigan va bir-biriga parallel bo'lmagan uchta sterjen yordamida tutashtirish mumkin (3.5-rasm, g).



3.5-pacm

Bu shartlarni tahlil qilib qarasak, ularning asosini uchburchak tashkil qilishini ko'ramiz. Demak, eng oddiy geometrik o'zgarmas sistema uchburchak hisoblanadi.

Agarda inshoot elementlari yuqoridagi shartlar asosida birlashtirilgan bo'lsa, u geometrik o'zgarmas bo'ladi. Har bir qaralayotgan inshootni hisoblash sxemai geometrik o'zgarmas sistema ekanligiga ishonch hosil qilish uchun  $W \leq 0$  zaruriy shartning bajarilishidan tashqari, sistema elementlarining bir-biri bilan o'zaro bog'lanishini yuqoridagi qayd qilingan shartlarga asosan tahlil qilish lozim.

### Nazorat uchun savollar

1. Qurilish mexanikasi fani nimani o'rganadi?
2. Inshootlarni mustahkamlikka hisoblashdan maqsad nima?
3. Inshootlarni bikrlikka hisoblashdan maqsad nima?
4. Inshootlarni ustuvorlikka hisoblashdan maqsad nima?
5. Inshootlar statikasi va inshootlar dinamikasi deganda nimani tushunasiz?
6. Qanday tashqi yuklarni va ichki zo'riqish kuchlarini bilasiz?
7. Qurilish mexanikasining fanining asosiy vazifalari nimalardan iborat?
8. Inshootlarning hisoblash sxemai deb nimaga aytiladi?
9. Inshootlarning hisoblash sxemai qanday turlarga bo'linadi?
10. Inshootlar kinematik belgisiga ko'ra qanday inshootlarga bo'linadi?
11. Inshoot elementlarining joylashishiga ko'ra qanday inshootlarga bo'linadi?
12. Inshoot tayanchi deb nimaga aytiladi?
13. Inshoot tayanchlarining turlarini ayting?
14. Sharnirli qo'zg'almas tayanch inshootni nechta erkinlik darajasini cheklaydi?
15. Birk tayanch inshootni nechta erkinlik darajasini cheklaydi?
16. Inshootlarni hisoblash sxemaining kinematik tahlili deb nimaga aytiladi?
17. Inshootlarni erkinlik darajasi deb nimaga aytiladi?
18. Oddiy va karrali sharnir deb nimaga aytiladi?
19. Inshootlarning erkinlik darajasi qaysi formula bilan aniqlanadi?

20. Geometrik o'zgarmas inshoot deb, kanday inshootga aytiladi?
21. Geometrik o'zgaruvchan inshoot deb, kanday inshootga aytiladi?
22. Geometrik o'zgarmas inshootlar xosil kilish shartlarini ayting?

## 8-Ma'ruza

**MAVZU: "Ko'p oraliqli statik aniq balkalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash".**

**Reja:**

1. Umumiy tushunchalar. Ko'p oraliqli statik aniq balkalar uchun qavatlararo sxemalarini chizish.
2. Ko'p oraliqli balkalar uchun eguvchi moment va ko'ndalang kuchlar epyuralarini chizish.

### 8.1. Ko'p oraliqli statik aniq balkalar to'g'risida tushuncha.

**Bir necha oddiy balkalarni o'zaro sharnirlar yordamida biriktirishdan hosil qilingan geometrik o'zgarmas statik aniq sistemalariga ko'p oraliqli statik aniq balkalar deyiladi.**

Ko'p oraliqli statik aniq balkalarni hisoblash nazariyasi 1871 yilda rossiyalik muhandis G.Semikolenov tomonidan tavsiya qilingan. Ko'p oraliqli sharnirli balka statik aniq sistema deb hisoblanadi, chunki muvozanat tenglamalaridan tashqari unda qancha oraliq sharnirlar bo'lsa, shuncha qo'shimcha tenglamalar tuzish mumkin. SHu sababli ko'p oraliqli statik aniq balkalarga ko'p oraliqli sharnirli balkalar yoki ko'p oraliqli balkalar xam deyiladi.

Qurilishda ko'p oraliqli balkalar yaxlit balkalarga o'xshab ko'priksozlikda, inshootlarni yopishda ishlatiladi. Yaxlit balkalar statik noaniq bo'lib, unda bir oraliqli balkaga nisbatan eguvchi moment miqdori ancha kam bo'ladi. Ammo, ko'p oraliqli sharnirli balkalar yaxlit balkalarga nisbatan quyidagi afzalliklarga ega:

1. *Alohida oddiy balkalardan yasalganligi.*
2. *Zavodlarda ommaviy tayyorlash va mexanizmlar orqali montaj qilish mumkinligi.*
3. *Zo'riqishlarni statika muvozanat tenglamalari orqali aniqlash mumkinligi va tayanchlarning cho'kishiga bog'liq emasligi.*

Shu bilan bir qatorda ko'p oraliqli sharnirli balkalar yaxlit balkalarga nisbatan quyidagicha kamchiliklarga ega:

1. *Ko'p oraliqli sharnirli balkalar yaxlit balkalarga nisbatan mustahkamligi kam bo'ladi.*
2. *Sharnirlar tayyorlash texnologiyasi birmuncha qiyin hisoblanadi.*

Ko'p oraliqli sharnirli balkalarni yaxlit balkalarga sharnirlar kiritish orqali hosil qilish mumkin. Bu holda sharnirlar soni quyidagi shartni qanoatlantirishi kerak:

$$SH = S_T - 3, \quad (4.1)$$

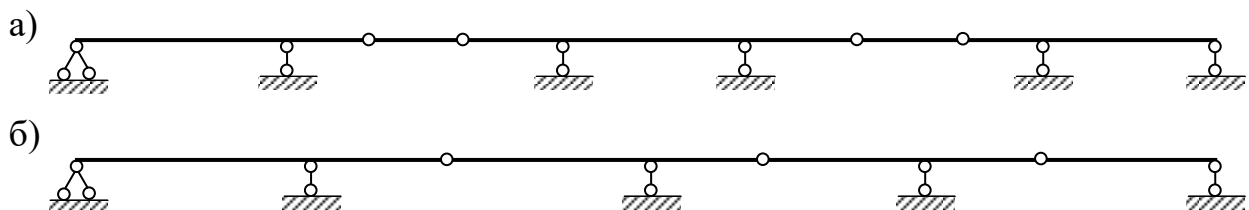
bu erda,  $S_T$  - tayanch sterjenlari soni.

(4.1) shart ko'p oraliqli sharnirli statik aniq balkalar uchun zaruriy shart bo'lib, etarli bo'la olmaydi. Ular geometrik o'zgarmas va qo'zg'almas bo'lishi uchun sharnirlarni joylashtirishning quyidagi qoidalariga amal qilish kerak.

**Har bir oraliqda sharnirlar soni 2 tadan ortiq bo'lmasligi shart.**

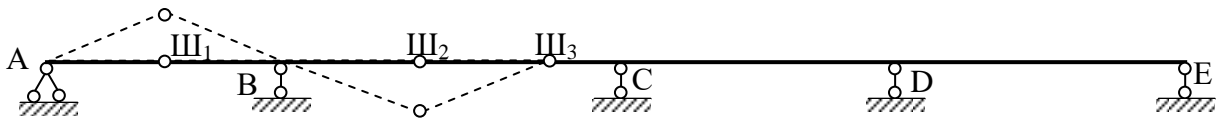
1. **Agar bir oraliqda sharnirlar soni 2 ta bo'lsa, undan oldingi va keyingi oraliqlarda sharnir bo'lmasligi shart (4.1-rasm, a).**

2. **Agarda oraliqlarda 1 tadan sharnirlar qo'yilgan bo'lsa, u vaqtda balkaning bir oraliq'i sharnirsiz bo'lishi shart (4.1-rasm, b).**



4.1-pacm

Agar ko'p oraliqli balkada sharnirlar soni (4.1) shartni qanoatlantirgan bo'lib, ularni joylashtirishda yuqoridagi qoidaga amal qilinmagan bo'lsa, u holda uning bir qismi statik noaniq, qolgan qismi esa geometrik o'zgaruvchan bo'lishi mumkin. Masalan, 4.2-rasmda tasvirlangan balkada sharnirlar soni  $SH = S_T - 3 = 6 - 3 = 3$  ta bo'lib, (4.1) shart qanoatlanadi, ya'ni berilgan ko'p oraliqli sharnirli balka geometrik o'zgarimas bo'lishining zaruriy sharti bajariladi, ammo sharnirlarning joylashishi yuqoridagi qoidaga mos kelmasligi sababli, balkaning  $ASH_1$ ,  $SH_1VSH_2$ ,  $SH_2SH_3$  elementlari geometrik o'zgaruvchandir, chunki bu elementlar uzoq chiziqlar bilan tasvirlangandek



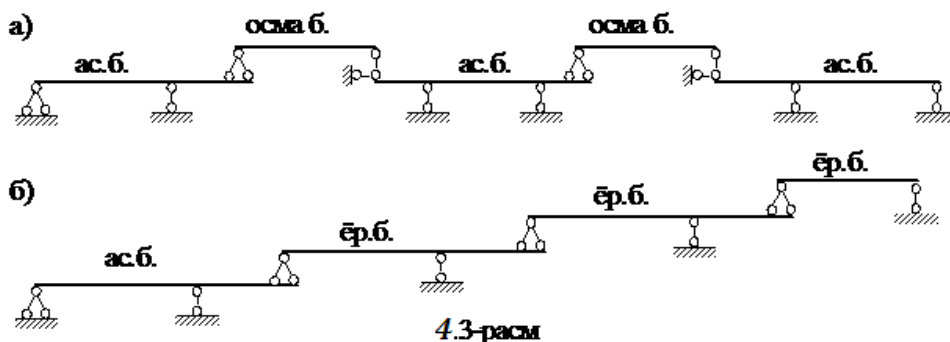
4.2-rasm

erkin ko'chishga ega. Balkaning SDE qismi esa statik noaniqdir. SHunday qilib, berilgan balkani statika tenglamalari yordamida hisoblab bo'lmaydi.

### 8.1.2. Ko'p oraliqli statik aniq balkalar uchun qavatlarora sxemalarini chizish.

Ko'p oraliqli sharnirli statik aniq balkalarni hisoblash uchun ularning elementlarining o'zaro bog'lanishi yoki qavatli sxemalari tuziladi. Buning uchun u asosiy va yordamchi balkalarga ajratiladi (4.3-rasm, a, b).

Asosiy balka o'ziga va yordamchi balkalarga ta'sir qilayotgan yuklarni qabul qilib, hammasini bevosita erga uzatadi. Yordamchi balkalar esa, o'zlariga ta'sir qilayotgan yuklarni qisman erga yoki to'lig'icha asosiy balkaga yoki o'zidan pastdagi yordamchi balkaga uzatadi (4.3-rasm, b). Agarda yordamchi balka bevosita er bilan bog'langan bo'lmasa, unga osma balka deyiladi (4.3-rasm, a).



4.3-rasm

Ko'p oraliqli sharnirli statik aniq balkalarni hisoblash doimo osma yoki yordamchi balkadan, yordamchi balkalarning ham eng yuqoridagisidan boshlanadi.

Ko'p oraliqli sharnirli statik aniq balkalardagi ichki zo'riqishlarning o'zgarishi oddiy balkalar kabi bo'lib, bu bizga materiallar qarshiligi fanidan ma'lum.

### 8.2. Ko'p oraliqli statik aniq balkalarni qo'zg'almas tashqi yuklarga hisoblash.

Ko'p oraliqli statik aniq sharnirli balkalarni qo'zg'almas tashqi yuklar ta'siriga quyidagi tartibda hisoblanadi:

1. Ko'p oraliqli statik aniq balkadagi sharnirlar soni (4.1) formula yordamida tekshiriladi va ularning joylashishi kinematik tahlil qilinadi.
2. Balka qismlarining o'zaro bog'lanishi, qavatlar sxemai tuzilib, asosiy, yordamchi, osma balkalar belgilab olinadi.
3. Hisoblash, ya'ni tayanch reaksiyalarni aniqlash, eguvchi moment va ko'ndalang kuch epyuralarini chizish osma balkadan boshlanadi.
4. Asosiy va yordamchi balkalar uchun eguvchi moment va ko'ndalang kuch epyuralarini chizishda unga qo'yilgan tashqi yuklar qatorida, uning uchlariga tayangan osma balkalarning tayanch reaksiyalari teskari yo'naltirib hisobga olinadi.

5. *Asosiy, yordamchi va osma balkalarning eguvchi moment va ko'ndalang kuch epyuralari chizilgandan so'ng ular bir koordinatalar sistemasiga keltirilib, ko'p oraliqli balka uchun umumiy eguvchi moment va ko'ndalang kuch epyuralari quriladi va tekshiriladi.*

#### **Nazorat uchun savollar.**

1. Ko'p oraliqli statik aniq balkalar deb, qanday balkalarga aytiladi?
2. Ko'p oraliqli statik aniq balkalarni hisoblash nazariyasini kim yaratgan?
3. Ko'p oraliqli statik aniq balkalarni afzalliklari va kamchiliklarini ayting?
4. Ko'p oraliqli sharnirli statik aniq balkalarni zaruriy shartini ayting?
5. Ko'p oraliqli sharnirli statik aniq balkalarni etarli shartini ayting?
6. Ko'p oraliqli statik aniq balkalarni kavatli tarxlari qanday tuziladi?
7. Ko'p oraliqli statik aniq balkalarni hisoblash avvalo qanday balkadan boshlanadi?
8. Asosiy, yordamchi balka deb, qanday balkaga aytiladi?
9. Ko'p oraliqli statik aniq balkalarni qo'zg'almas tashqi yuklarga hisoblash tartibi ayting?

MAVZU: "Uch sharnirli arkalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash".

**Reja:**

1. Uch sharnirli sistemalar tugrisida tushuncha
2. Uch sharnirli arkani qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash

**9.1. Uch sharnirli sistemalar haqida tushuncha.**

O'zaro bitta sharnir, asos bilan 2 ta sharnir yordamida tutashgan ikki diskdan iborat sistemaga uch sharnirli sistema deyiladi (12.1-rasm, a).

Agar disklar egri sterjenlardan tashkil topgan bo'lsa, bunday sistemalar uch sharnirli arkalar deyiladi (12.1-rasm, b).

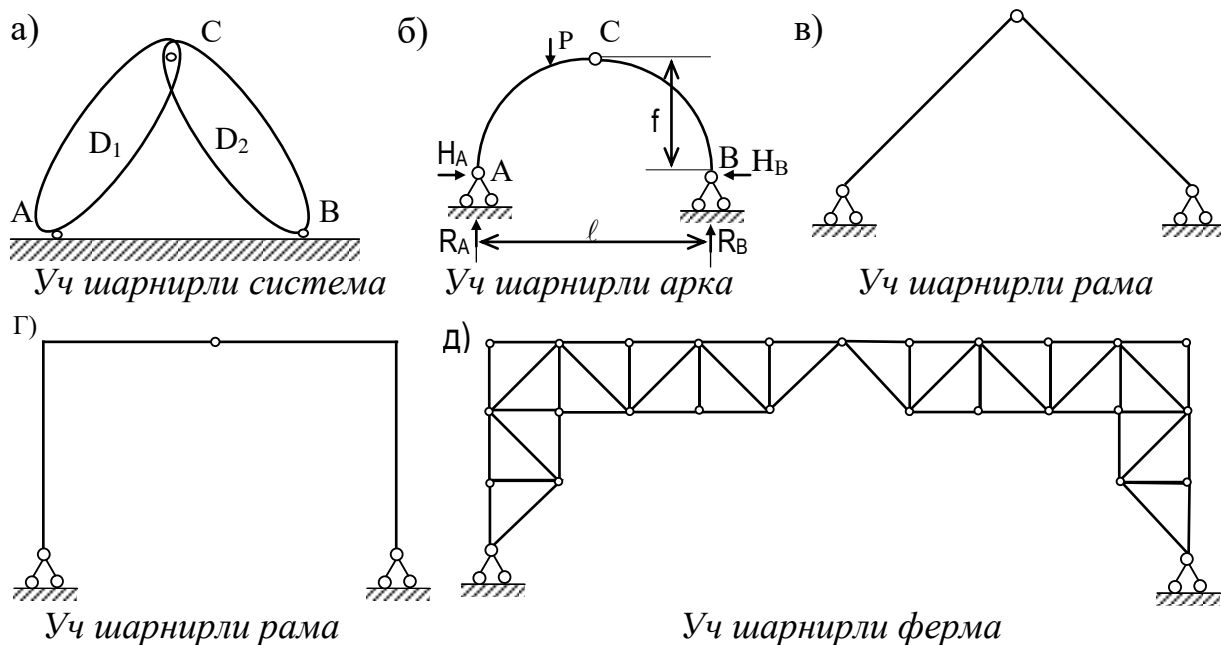
Agar disklar to'g'ri va siniq sterjenlardan tashkil topgan bo'lsa, bunday sistemalar uch sharnirli ramalar deyiladi (12.1-rasm, v, g).

Agar disklar fermalardan tashkil topgan bo'lsa, bunday sistemalar uch sharnirli arkasimon fermalar deyiladi (12.1-rasm, d).

Tayanchlar orasidagi masofaga oraliq deyiladi va  $\ell$  bilan belgilanadi.

Arka tayanch chizig'idan arkaning eng baland nuqtasigacha bo'lgan masofa arkaning ko'tarilish cho'qqisi deyiladi va  $f$  bilan belgilanadi (12.1-rasm, b).

A va V tayanch sharnirlar tovon sharnirlar, oraliq S sharnir esa **qulf** sharnir deb ataladi (12.1-

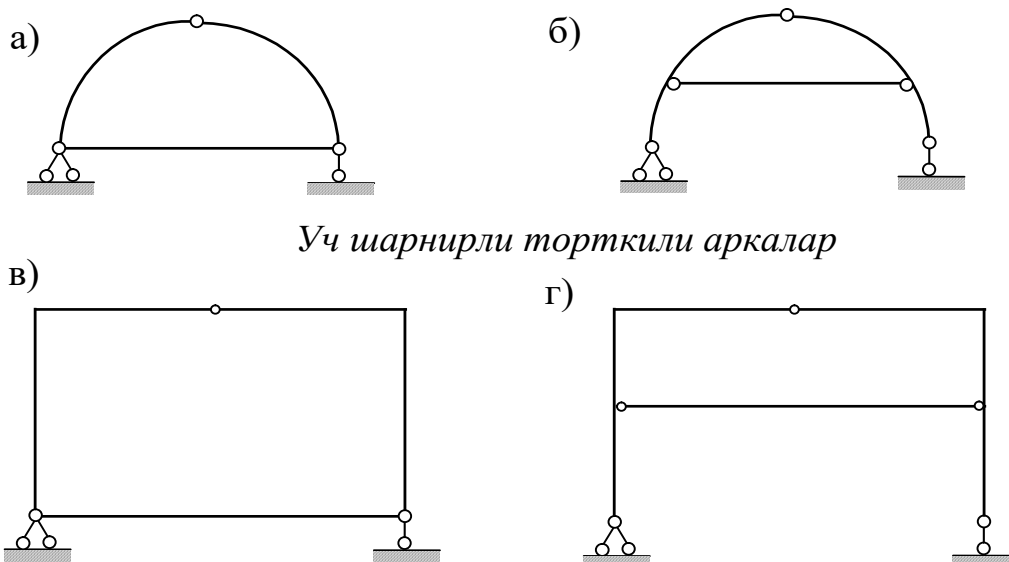


12.1-рasm

rasm, b).

Uch sharnirli sistemalarda vertikal yuklar ta'siridan gorizontall reaksiyalar hosil bo'ladi. Bu gorizontall reaksiyalar  $H_A$  va  $H_B$  hovonlar deyiladi. SHuning uchun ham bunday sistemalar **hovonli sistemalar** deyiladi (12.1-rasm, b).

YUqorida qaralgan sistemalarning tayanchlari qo'zg'almasdir. Odatda, amaliyotda ba'zi bir uch sharnirli sistemalarning bir tayanchi qo'zg'aluvchan qilib tayyorlanadi. Bunday sistemalarning geometrik o'zgarmasligi tortqilar hisobiga ta'minlanadi. Bunday sistemalarni tortqili uch sharnirli sistemalar deyiladi (11.2-rasm, a, b, v, g).



Уч шарнирли торткили аркалар

Уч шарнирли торткили рамалар

12.2-расм

### 9.1.2. Uch sharnirli arka tayanch reaksiyalarini aniqlash

Uch sharnirli arkaqa vertikal yuklar ta'sir qilayotgan hol uchun tayanch reaksiyalarini aniqlaymiz. Vertikal tayanch reaksiyalarni  $V_A$ ,  $V_V$ , gorizontallarni esa  $N_A$ ,  $N_V$  bilan belgilaymiz. Ularni aniqlash uchun statika muvozanat tenglamalari tuziladi:

$$\sum X = 0; \quad \sum M_A = 0; \quad \sum M_V = 0.$$

Bu statika muvozanat tenglamalariga qo'shimcha to'rtinchi tenglama, S sharnirda moment nol ekanligidan  $\sum M_S^{\text{chap}} = 0$ ; yoki  $\sum M_S^{\text{ong}} = 0$ . tuziladi.

A tayanchning vertikal reaksiyasi  $V_A$  ni aniqlash uchun V sharnirga nisbatan momentlar tenglamasini tuzamiz.

$$\sum M_V = 0; \quad V_A \cdot \ell - P_1(\ell - a_1) - P_2(\ell - a_2) - q \frac{\ell}{2} \cdot \frac{\ell}{4} = 0,$$

bundan 
$$V_A = \frac{1}{\ell} \left[ P_1(\ell - a_1) + P_2(\ell - a_2) + \frac{q\ell^2}{8} \right]. \quad (a)$$

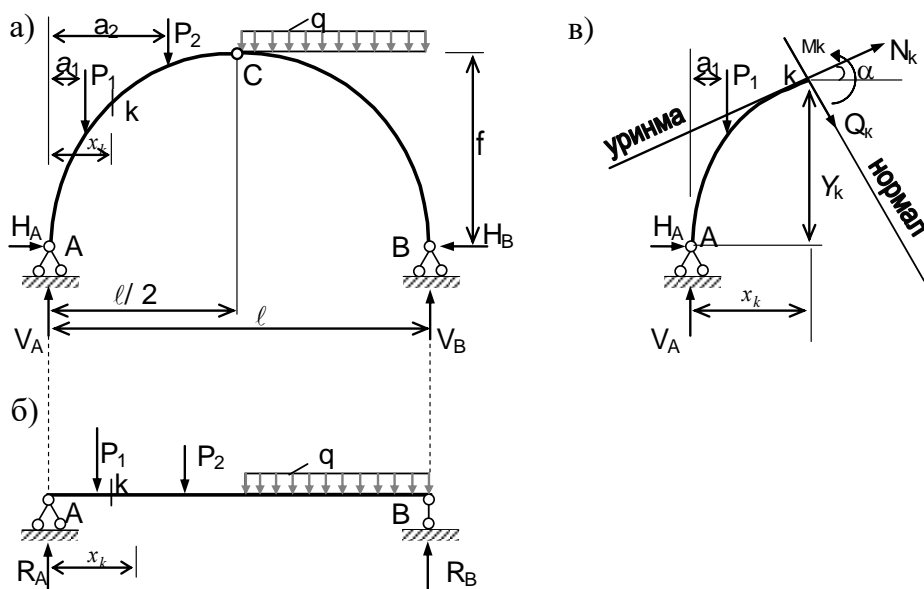
V tayanch reaksiyasining vertikal tashkil etuvchisi  $V_V$  ni aniqlash uchun A sharnirga nisbatan momentlar tenglamasini tuzamiz.

$$\sum M_A = 0; \quad -V_B \cdot \ell + P_1 a_1 + P_2 a_2 + q \frac{\ell}{2} \cdot \frac{3\ell}{4} = 0,$$

bundan 
$$V_B = \frac{1}{\ell} \left[ P_1 a_1 + P_2 a_2 + \frac{3}{8} q\ell^2 \right]. \quad (b)$$

(a) va (b) ifodalardan uch sharnirli arkaning vertikal tayanch reaksiya-lari xuddi shunday oraliqli arka kabi yuklangan oddiy balkaning (5.1-rasm, b) tayanch reaksiyalariga teng ekanligini ko'ramiz, ya'ni  $V_A = R_A$ ;  $V_V = R_V$ .





12.3-расм

Uch sharnirli arka gorizontal tayanch reaksiyalarini hisoblash.

$$\sum X = 0; \quad N_A - N_V = 0; \quad N_A = N_V.$$

$N_A$  yoki  $N_V$  ni aniqlash uchun S sharnirda momentning nol ekanligi shartidan foydalanamiz:

$$\sum M_S^{\text{chap}} = 0; \quad V_A \frac{\ell}{2} - P_1 \left( \frac{\ell}{2} - a_1 \right) - P_2 \left( \frac{\ell}{2} - a_2 \right) - H_A \cdot f = 0,$$

$$H_A = \frac{1}{f} \left[ -P_1 \left( \frac{\ell}{2} - a_1 \right) - P_2 \left( \frac{\ell}{2} - a_2 \right) + V_A \frac{\ell}{2} \right] = \frac{M_C^0}{f}.$$

Demak, arkaning hovon reaksiyasi unga mos bo'lgan oddiy balkaning S ke-simidagi eguvchi momenti arkaning ko'tarilish cho'qqisiga nisbatiga teng ekan.

Agar arkaga faqat vertikal yuklar qo'yilgan bo'lsa, u holda doim

$$N_A = N_V = N \text{ bo'ladi.}$$

Uch sharnirli ramalarning tayanch reaksiyalarini aniqlash ham uch sharnirli arkalardagidek bajariladi.

## 9.2. Uch sharnirli arkaning ixtiyoriy ko'ndalang kesimidagi zo'riqishlarni aniqlash.

Uch sharnirli arkaning tayanch reaksiyolari aniqlangandan so'ng, uning ixtiyoriy kesimida hosil bo'ladigan ichki zo'riqishlar aniqlanadi. Arkaning biror k kesimidagi zo'riqishlar miqdorini aniqlashni qaraymiz. Buning uchun arkani k kesim bo'yicha fikran qirqib, chap yoki o'ng qismini tashlab yuboramiz, qolgan qismi muvozanatda bo'lishi uchun tashlab yuborilgan qism ta'sirini almashtiruvchi zo'riqishlarni: eguvchi moment  $M_k$ , ko'ndalang kuch  $Q_k$  va bo'ylama kuch  $N_k$  larni ko'ndalang kesimga qo'yamiz (12.3-rasm, v).

### a) Eguvchi momentni hisoblash

Arkaning ixtiyoriy k kesimidagi eguvchi moment shu kesimning bir tomonidagi hamma kuchlardan kesim og'irlik markaziga nisbatan olingan momentlarning algebraik yig'indisiga teng. (12.3- rasm, v)

$$M_k = V_A \cdot x_k - P_1(x_k - a_1) - H \cdot u_k,$$

bu erda  $V_A \cdot x_k - P_1(x_k - a_1) = M_k^0$  ifoda, yuklanishi aynan arka bilan bir xil bo'lgan oddiy balkaning eguvchi momentini anglatadi. U holda

$$\mathbf{M}_k = \mathbf{M}_k^0 - \mathbf{H} \cdot \mathbf{y}_k \quad (12.1)$$

Demak, arkaning  $k$  kesimidagi eguvchi moment shu arkaga mos bo'lgan oddiy balkaning aynan shu kesimidagi eguvchi moment  $\mathbf{M}_k^0$  dan hovon reaksiyasidan olingan moment  $\mathbf{N} \cdot \mathbf{u}_k$  ni ayirmasiga teng.

### b) Ko'ndalang kuchni hisoblash

Arkaning ixtiyoriy  $k$  kesimidagi ko'ndalang kuch  $Q_k$  bu kesimdan bir tomonda joylashgan hamma kuchlarning arka o'qining shu nuqtasiga o'tkazilgan normalga tushirilgan proeksiyalarning algebraik yig'indisiga teng.

$$Q_k = (V_A - P_1) \cdot \cos \alpha_k - H \cdot \sin \alpha_k,$$

Bu formulada  $Q_k^0 = V_A - P_1$  arkaga mos kelgan oddiy balkadagi ko'ndalang kuchni bildiradi.

U holda

$$\mathbf{Q}_k = \mathbf{Q}_k^0 \cdot \cos \alpha_k - \mathbf{H} \cdot \sin \alpha_k \quad (12.2)$$

### v) Bo'ylama kuchni hisoblash

Arkaning istalgan  $k$  kesimidagi bo'ylama kuch, kesimdan bir tomonda joylashgan hamma kuchlarning arka o'qining  $k$  nuqtasiga o'tkazilgan urinmaga proeksiyalarining algebraik yig'indisiga teng.

$$N_k = (-V_A + P_1) \cdot \sin \alpha_k - H \cdot \cos \alpha_k,$$

bu erda  $Q_k^0 = V_A - P_1$

U holda

$$N_k = -Q_k \cdot \sin \alpha_k - H \cdot \cos \alpha_k.$$

yoki

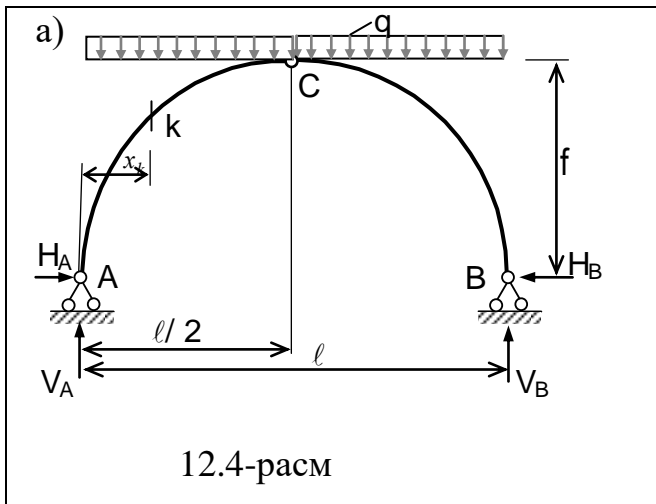
$$\mathbf{N}_k = -(\mathbf{Q}_k \cdot \sin \alpha_k + \mathbf{H} \cdot \cos \alpha_k). \quad (12.3)$$

Arkalar siqilishga ishlagani uchun (12.3), bo'ylama kuch manfiy bo'ladi. (12.1) va (12.2) formulalardan ko'rinib turibdiki, arkalarda eguvchi moment va ko'ndalang kuch miqdorlari arkaga to'g'ri keluvchi balkalarga nisbatan ancha kichik bo'lar ekan. SHuning uchun arkalar katta oraliqli inshootlarni yopishda balkalarga nisbatan ancha mustahkam, demak iqtisodli bo'ladi. Lekin kichik oraliqli inshootlarni yopishda uch sharnirli arka balkaga nisbatan tejamsiz bo'lishi mumkin. CHunki arkalarni tayyorlash texnologiyasi murakkabligi sababli qimmatga tushishi mumkin.

## 1. Arka o'qining ratsional shakli.

Uch sharnirli arkaga vertikal yuklar ta'sir qilayotgan hol uchun ratsional o'q shakli kesimda balka eguvchi moment nolga teng bo'lsa erishadi. Buning uchun quyidagi ifodani nolga tenglashtiramiz:

$$\mathbf{M}_k = \mathbf{M}_k^0 - \mathbf{H} \cdot \mathbf{u}_k.$$



$$\sum M_V = 0; V_A \cdot l - q \ell \frac{\ell}{2} = 0, \quad \text{bundan}$$

$$V_A = \frac{q \ell}{2}. \quad \text{N ni}$$

aniqlash uchun S sharnirda eguvchi momentning nol ekanligi shartidan foydalanamiz:

$$\sum M_S^{\text{chap}} = 0; V_A \frac{\ell}{2} - q \frac{\ell}{2} \cdot \frac{\ell}{4} - H \cdot f = 0, \quad \text{bundan}$$

$$H = \frac{q \ell^2}{8f}$$

Arka o'qining tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$y_k = \frac{4f}{\ell^2} X_k (\ell - X_k)$$

Tenglamadan ko'rinadiki, arka o'qi parabola qonuni bo'yicha o'zgarar ekan.

### Ma'ruzani mustahkamlash uchun savollar.

1. Uch sharnirli sistemalar deb nimaga aytiladi?
2. Uch sharnirli arkalar deb nimaga aytiladi?
3. Uch sharnirli ramalar deb nimaga aytiladi?
4. Uch sharnirli arkasimon fermalar deb nimaga aytiladi?
5. Uch sharnirli arkalarni vertikal tayanch reaksiyalar qanday aniqlanadi?
6. Uch sharnirli arkalarni gorizonta tayanch reaksiyalar qanday aniqlanadi?
7. Uch sharnirli arka ixtiyoriy kesimidagi eguvchi moment qanday aniqlanadi?
8. Uch sharnirli arkalarni ixtiyoriy kesimidagi ko'ngdalang kuch qanday aniqlanadi?
9. Uch sharnirli arkalarni ixtiyoriy kesimidagi bo'ylama kuch qanday aniqlanadi?
10. Uch sharnirli arkalarni balkalar bilan taqqoslang?

## 10-Ma'ruza

### MAVZU: "Statik aniq tekis fermalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash".

#### Reja:

1. Fermalar haqida umumiy tushuncha. Fermalarning turlari.
2. Fermalarni hisoblash usullari.
3. Ferma sterjenlaridagi zo'riqishlarni aniqlash.

#### 11.1. Fermalar to'g'risida tushunchalar.

**Bikr tugunlari sharnirlar bilan almashtirilishidan hosil qilingan geometrik o'zgarmas sterjenli sistemalarga fermalar deb ataladi.**

Amalda, fermalarni sterjenlari o'zaro bikr biriktirilgan bo'ladi (8.1-rasm, a). Masalan, **metal ferma** sterjenlari o'zaro payvandlangan yoki boltlar yordamida biriktirilgan, **temir beton fermalar** butunligicha tayyorlangan bo'ladi. **Yog'och ferma** sterjenlari o'zaro elimlangan yoki boltlar orqali biriktiriladi. Lekin, fermalarni hisoblashda bikr tugunlar ideal sharnirlar bilan almashtiriladi (8.1-rasm, b). Ferma sterjenlari to'g'ri chiziqli, tashqi yuklar tugunlarga qo'yilgan deb qaraladi. Bu holda ferma sterjenlari faqat cho'zilish yoki siqilishga ishlaydi.

Ma'lumki, **sterjenlar sharnirlar yordamida o'zaro biriktirilgan bo'lib, unga ko'ngdalang kuchlar ta'siri bo'lmasa, bunday sterjenlarda eguvchi moment nolga teng bo'ladi.** Biroq amalda, ferma elementlarida eguvchi moment hosil bo'ladi. Bu moment miqdori bo'ylama kuchlarga nisbatan juda kichik bo'lgani uchun hisobga olinmaydi. SHuning uchun ham fermaning bikr tugunlari sharnirlar yordamida almashtiriladi.

Sterjenlarning uchlarini tutashtiruvchi sharnir **tugun** deb ataladi. Ferma konturining yuqorigi qismini tashkil etuvchi sterjenlar birikmasi **yuqori belbog'**, uning pastki elementlari birikmasi esa **pastki belbog'** deyiladi. Yuqorigi va pastki belbog'larni tutashtiruvchi vertikal va og'ma elementlar fermaning **panjarasini** hosil qiladi. Panjaraning vertikal elementlari **ustun** va og'ma joylashgan elementlari **hovan** lar deyiladi. Fermaning ikki tuguni orasi **panel** deyiladi. Panel oraligi  $d$  bilan belgilanadi. Fermaning tayanchlari orasidagi masofa **oralig** yoki **prolet** deb ataladi va  $\ell$  bilan belgilanadi. Ferma geometrik o'zgarmas bo'lishi uchun, sterjenlari bilan tugunlari orasidagi bog'lanishni aniqlaymiz. Inshootlarning kinematik tahlilida keltirilgan ta'rifga asosan, sistema geometrik o'zgarmas, statik aniq bo'lishi uchun uning erkinlik darajasi nolga teng bo'lishi kerak, ya'ni

$$W = 2T - S - S_T = 0$$

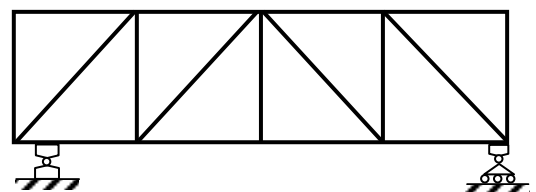
bu erdan statik aniq fermalarni tayanch sterjenlari soni  $S_T = 3$  ekanligini xisobga olsak,

$$S = 2T - S_T = 2T - 3 \quad (6.1)$$

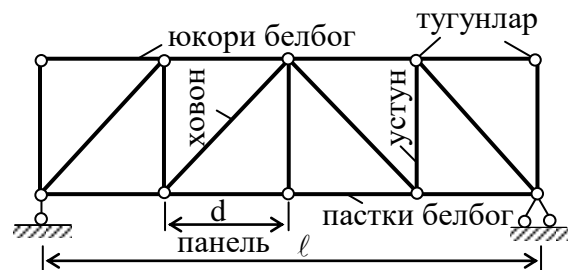
Demak, geometrik o'zgarmas va statik aniq ferma tuzish uchun (6.1) shart bajarilishi zarur. Ushbu (6.1) formula zaruriy shart bo'lib, etarli bo'la olmaydi. Etarli shart bajarilishi uchun ferma tuzilishining geometrik o'zgarmasligini tekshirish kerak.

**Agar uchburchak shaklidagi sterjen-sharnirli birikmaga har bir keyingi sharnir bir**

a)



b)



8.1-расм

to'g'ri chiziqda yotmagan ikki sterjen yordamida ulangan bo'lsa, hosil bo'lgan ferma geometrik o'zgarmas ferma deyiladi.

## 2. Fermalarning turlari.

Fermalar quyidagi belgilariga qarab turlarga bo'linadi:

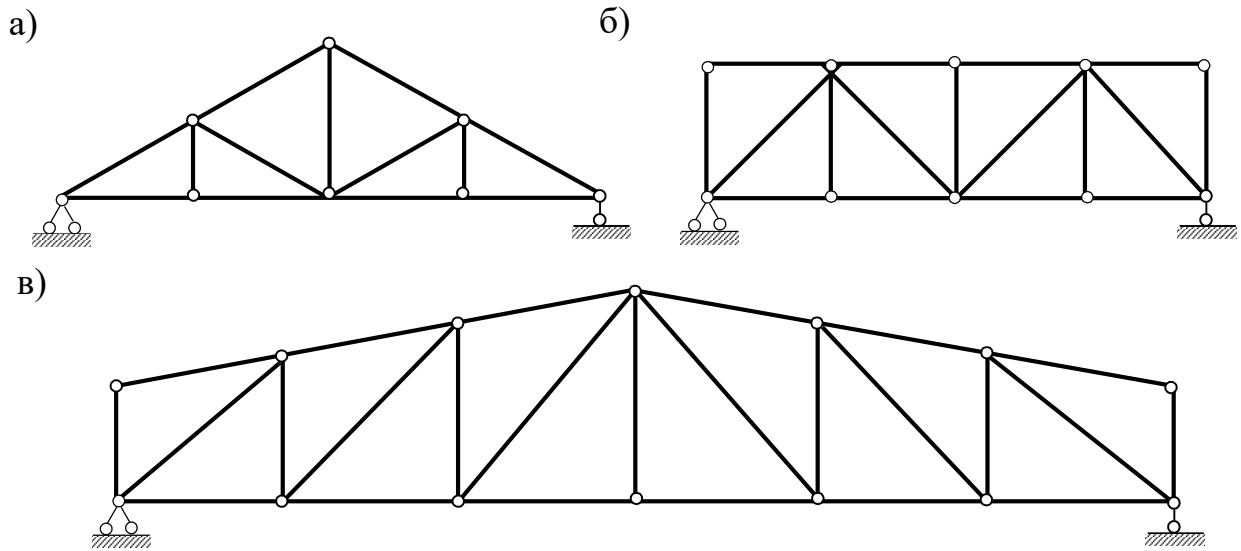
1. Fermalar tashqi konturining ko'rinishiga qarab uchburchak shaklli (8.2-rasm, a), parallel belbog'li (8.2-rasm, b) va poligonal shaklli (8.2-rasm, v) bo'lishi mumkin.

2. Fermalar panjaralarining tuzilishiga ko'ra quyidagilarga bo'linadi: uchburchak panjarali (8.3-rasm, a); oddiy hovon panjarali (8.3-rasm, a, b, v); yarim hovon panjarali (8.3-rasm, b); ikki hovon panjarali (8.3-rasm, v) va ko'p panjarali (8.3-rasm, g) fermalar.

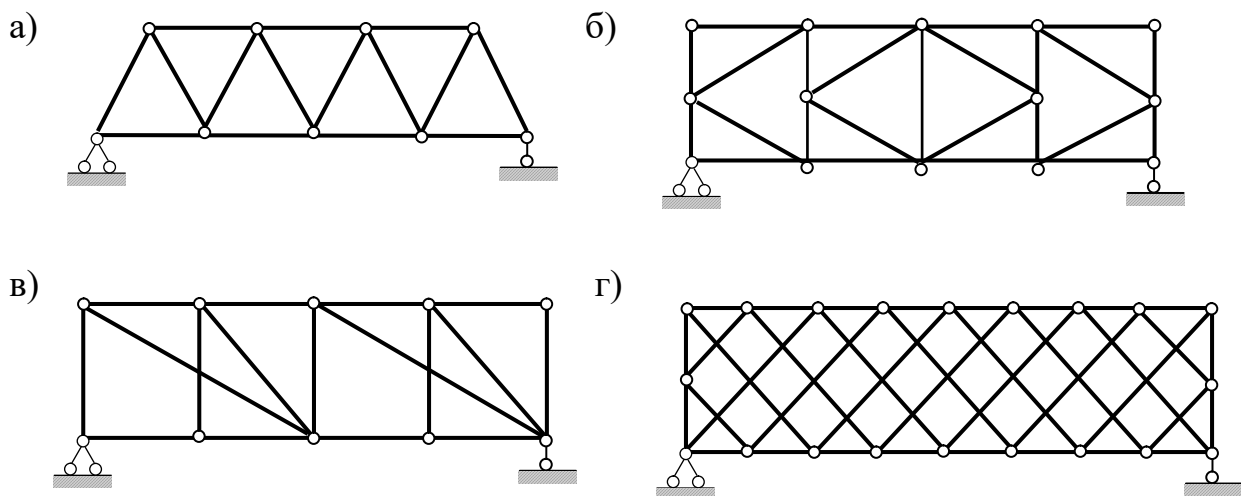
Ferma tayanchlarining joylashishiga ko'ra quyidagilarga bo'linadi: balkasimon fermalar (8.2-rasm); konsolli balkasimon fermalar (8.4-rasm, a); konsol fermalar (8.4-rasm, b) va arkasimon fermalar (8.5-rasm).

4. Fermalar foydalanilishiga ko'ra quyidagi turlarga bo'linadi: tomlarni yopishda ishlatiladigan stropila fermalari (8.6-rasm, a); ko'prik fermalari (8.2 va 8.3-rasmlar); kran fermalar va minorasimon fermalar (8.6-rasm b va v).

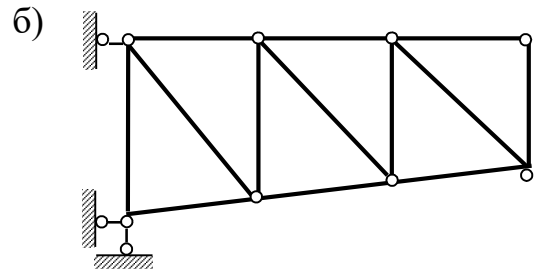
Ko'prik fermalarda konstruksiyalarining talabiga ko'ra harakat yuqoridan, pastdan yoki o'rtadan bo'lishi mumkin (8.2-rasm, b; 8.3-rasm, a).



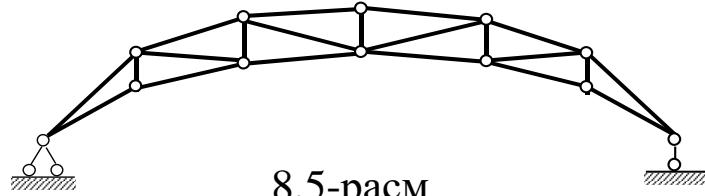
8.2-рasm



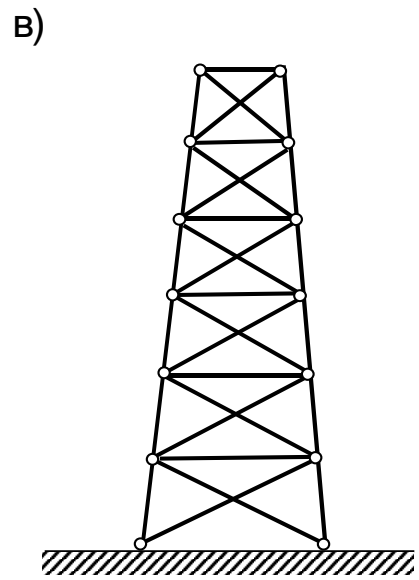
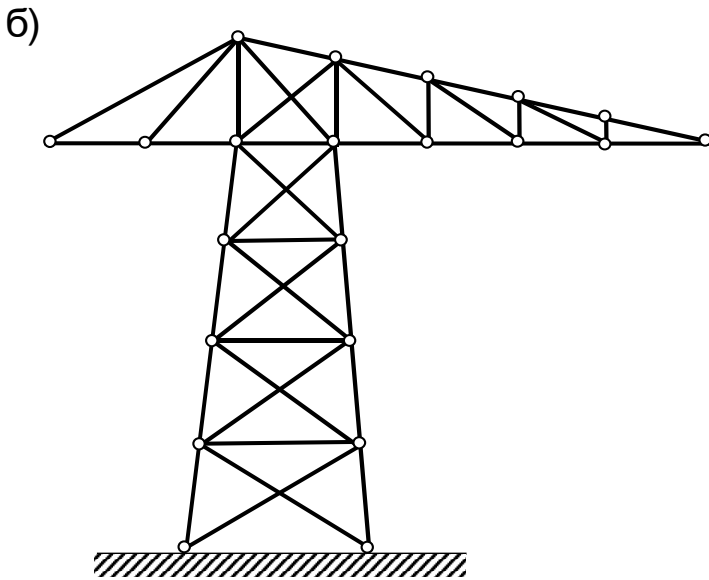
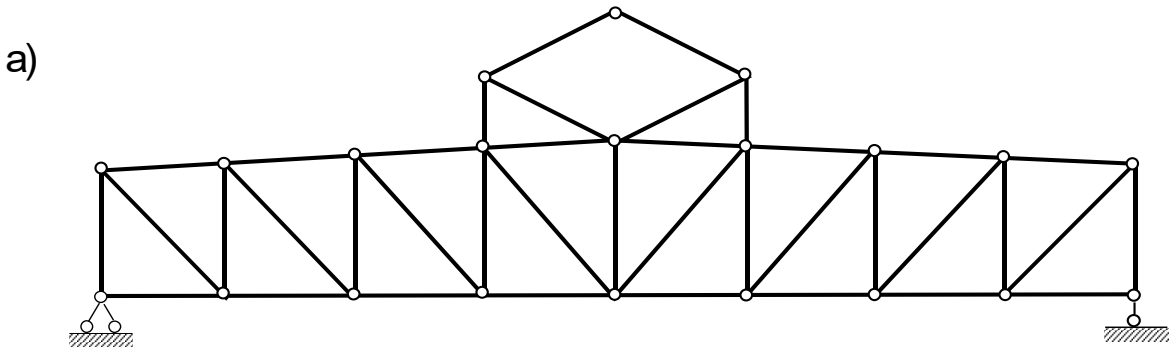
8.3-рasm



8.4-расм



8.5-расм



8.6-расм

Fermalarni tashqi yuklar ta'siriga hisoblash deganda, uning sterjenlaridagi zo'riqishlarni aniqlash tushuniladi. Buning uchun, avvalo, ferma tayanch reaksiyalari muvozanat tenglamalari yordamida aniqlanadi. So'ngra, ferma sterjenlaridagi zo'riqishlar hisoblanadi. Ferma sterjenlaridagi zo'riqishlar asosan quyidagi usullar yordamida aniqlanadi:

1. **Tugun qirqish usuli.**
2. **To'liq kesim usuli.**
3. **Qo'shma kesim usuli.**
4. **Sterjenlarni almashtirish usuli.**
5. **YOpiq kontur usuli.**
6. **Grafik usul.**

Ferma sterjenlaridagi zo'riqishlarni aniqlashni xar bir usulini alohida-alohida misollarda ko'rib chiqamiz.

### 1. Ferma sterjenlaridagi zo'riqishlarni aniqlash.

**1. Tugun qirqish usuli.** Bu usulda ferma tugunlari fikran ketma-ket qirqib ajratib olinib, uning muvozanati qaraladi. Chunki har bir ajratib olingan tugunlarda bir nuqtada kesishuvchi zo'riqish kuchlar sistemasi mavjud. Bu holda sterjenlardagi zo'riqishlarni aniqlash chog'i har bir tugun uchun ikkita muvozanat tenglamasini tuzish mumkin:

$$\sum X = 0; \quad \sum U = 0.$$

Bu tenglamalarni tuzish 2 ta sterjen tutashgan ixtiyoriy tugundan boshlanadi va undagi noma'lum zo'riqishlar topiladi. So'ngra noma'lum zo'riqishlari ikkitadan ortiq bo'lmagan tugunlar qirqib olinib, muvozanat tenglamalarini tuzish bilan fermaning boshqa sterjenlaridagi zo'riqishlar aniqlanadi.

Bu usul yordamida tugunlar muvozanatining ayrim hollarini tekshirib, nol zo'riqishli sterjenlarning belgilarini aniqlaymiz. Buni quyidagi misol yordamida qaraymiz.

**Misol. 8.7-rasm, a da berilgan fermaning nol sterjenlari aniqlansin.**

**Echish.** Ferma tayanch reaksiyalarini aniqlaymiz.

$$\sum X = 0; \quad N_A = 0.$$

$$\sum M_A = 0; \quad R \cdot d + P \cdot 3d + P \cdot 4d - R_V \cdot 4d = 0, \text{ bundan } R_B = \frac{8Pd}{4d} = 2P. \quad \sum M_V = 0;$$

$$R_A \cdot 4d - P \cdot 3d - P \cdot d = 0, \quad \text{bundan } R_A = \frac{4Pd}{4d} = P.$$

$$\text{Tekshirish: } \sum U = 0; \quad R_A + R_V - 3R = 2P + P - 3R = 0.$$

2. 9.1.-rasm, a da ko'rsatilgan fermadan 1-tugunni ajratib, tutashgan sterjenlardagi zo'riqishlarni aniqlaymiz (9.1-rasm, b):

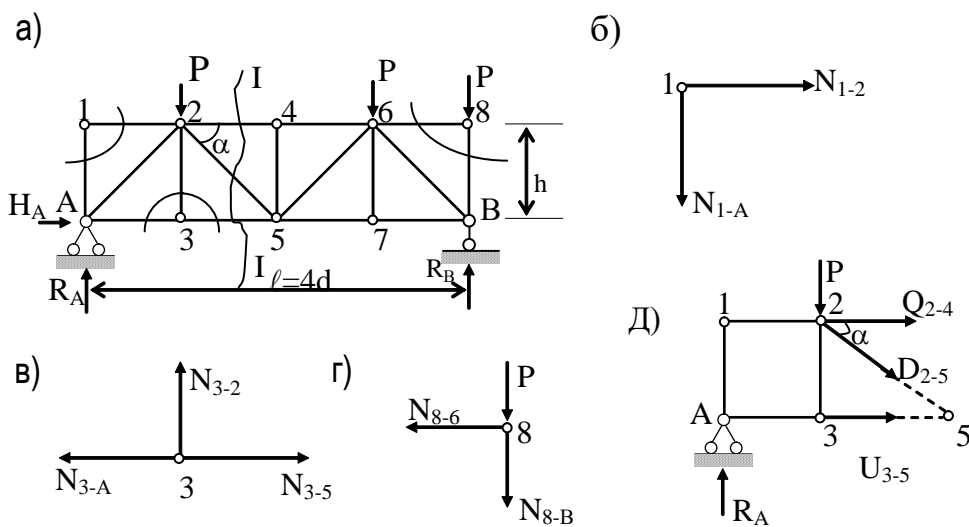
$$\sum X = 0; \quad N_{1-2} = 0; \quad \sum U = 0; \quad N_{1-A} = 0.$$

Demak, **bir chiziqda yotmagan ikki sterjen tutashgan tugunga yuk qo'yilmagan bo'lsa, fermaning bu sterjenlaridagi zo'riqishlar nolga teng bo'ladi.** Bu shart nol zo'riqishli sterjenlarning birinchi belgisidir.

3. Fermaning 3-tugunini ajratib, uning uchun muvozanat tenglamalarini tuzamiz (8.7-rasm, v).

$$\sum X = 0; \quad -N_{3-A} + N_{3-5} = 0; \quad \text{bundan } N_{3-5} = N_{3-A}.$$

$$\sum U = 0; \quad N_{3-2} = 0.$$



9.1-pacm

Demak, **fermaning yuklanmagan tugunida uchta sterjen tutashgan bo'lib, ularning ikkitasi bir to'g'ri chiziqda votsa ulardagi zo'riqishlar bir-biriga teng, uchinchi sterjendagi zo'riqishi esa nolga teng bo'ladi.** Bu nol zo'riqishli sterjenlarning ikkinchi belgisidir. Bunga asosan  $N_{4.5} = N_{7.6} = 0$ .

4. Fermaning 8-tugunini qirqib, uning uchun muvozanat tenglamalarini tuzamiz (9.1-rasm, g):

$$\sum X = 0; \quad -N_{8.6} = 0;$$

$$\sum U = 0; \quad -R - N_{8.v} = 0; \quad N_{8.v} = -R$$

Demak, **tugunda ikki sterjen tutashgan bo'lib, unga qo'yilgan yuk biror sterjen o'qi bo'ylab vo'nalgan bo'lsa, bu sterjendagi zo'riqish qo'vilgan yukka teng, ikkinchi sterjendagi zo'riqish esa nolga teng.** Bu nol zo'riqishli sterjenlarning uchinchi belgisidir.

2. **To'liq kesim usuli.** YAssi fermaning ayrim sterjenlaridagi zo'riqishlarini aniqlash talab qilinsa, u holda to'liq kesim usulidan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Bu usulda fermaning zo'riqishi aniqlanadigan sterjenini kesib o'tuvchi biror I-I to'liq kesim bilan fermani fikran ikki qismga ajratilib, uning chap yoki o'ng qismini muvozanati tekshiriladi.

Bu erda imkoni boricha fermaning kuchlar ko'proq ta'sir qilayotgan qismini tashlab yuborish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Fermaning qoldirilgan qismi uchun tekislikdagi kuchlarning muvozanat tenglamalari tuziladi. Fermaning ajratilgan qismidagi noma'lum zo'riqishlarni aniqlash uchun statikaning muvozanat tenglamalaridan foydalaniladi. Tenglamalar tuzishda, iloji bo'lsa har bir tenglamada noma'lumlar soni bittadan oshmasligi lozim.

**Misol. 8.7-rasm, a da tasvirlangan fermaning  $Q_{2.4}$ ,  $U_{3.5}$  va  $D_{2.5}$  sterjenlaridagi zo'riqishlar aniqlansin.**

**Echish:** Fermaning tayanch reaksiyalari oldingi misolda aniqlangan bo'lib, izlanayotgan sterjenlardagi zo'riqishlarni aniqlash uchun ularni qirqib o'tuvchi I-I to'liq kesim o'tkazamiz (9.1-rasm, a) va fermaning chap qismini ajratib qaraymiz. (9.1-rasm, d)  $Q_{2.4}$  zo'riqishni aniqlash uchun 5 nuqtaga nisbatan momentlar tenglamasi tuziladi. Chunki bu nuqtada  $D_{2.5}$  va  $U_{3.5}$  zo'riqishlarning momentlari nolga teng. 5 - nuqta  $Q_{2.4}$  sterjenda hosil bo'luvchi zo'riqishni hisoblash uchun moment nuqta deyiladi.

$$\sum M_5^{yan} = 0; \quad R_A \cdot 2d - P \cdot d + Q_{2.4} \cdot h = 0, \quad \text{bundan}$$



$$Q_{2-4} = \frac{Pd - R_A \cdot 2d}{h} = \frac{Pd}{h} \quad \text{bo'ladi.}$$

SHuningdek  $U_{3-5}$  zo'riqishini aniqlashda ham moment nuqta usulidan foydalanib, 2 - nuqtaga nisbatan momentlar tenglamasini tuzamiz:

$$\sum M_2^{uan} = 0; \quad R_A \cdot d - U_{3-5} \cdot h = 0, \quad \text{bundan}$$

$$U_{3-5} = R_A \frac{d}{h} = \frac{Pd}{h} \quad \text{bo'ladi.}$$

Agar qirqilgan sterjenlardan ikkitasi o'zaro parallel bo'lsa, u holda uchinchi sterjendagi zo'riqish parallel bo'lgan sterjenlarga tik yo'nalgan o'qqa tushirilgan proeksiyalar yig'indisining nolga tengligi shartidan foydalanib aniqlanadi. Masalan,  $D_{2-5}$  sterjen zo'riqishini aniqlash uchun  $\sum U = 0$  sharti-dan foydalaniladi.

$$\sum U = 0; \quad R_A - P - D_{2-5} \cdot \sin\alpha = 0, \quad \text{bundan}$$

$$D_{2-5} = \frac{R_A - P}{\sin\alpha} \quad \text{bo'ladi.}$$

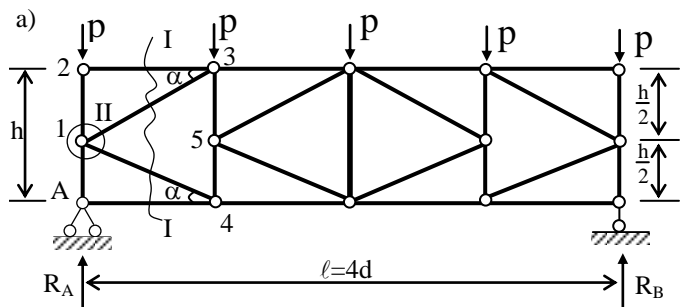
**Qo'shma kesimlar usuli.** Ba'zi fermalarning sterjenlaridagi zo'riqishlarni aniqlash uchun 2 yoki undan ortiq kesim o'tkazishga to'g'ri keladi. Bunday usulga qo'shma kesimlar usuli deyiladi. Bu usulni quyidagi misol orqali qaraymiz.

**Misol.** 8.8-rasm, a da tasvirlangan yarim havonli fermaning 1-3 va 1-4 havon sterjenlaridagi zo'riqishlar aniqlansin.

**Echish:** 1) Ferma tayanch reaksiyalari aniqlanadi.

$$R_A = R_B = \frac{5P}{2} = 2.5P$$

2) Fermaning zo'riqishi aniqlanishi lozim bo'lgan havon sterjenlarini qirqib o'tuvchi I-I to'liq kesim o'tkazamiz (8.8-rasm, a) va fermani chap qismini ajratib qaraymiz (9.2-rasm, b). Bu erda noma'lum zo'riqishlar soni 4 ta  $Q_{2-3}$ ,  $D_{1-3}$ ,  $D_{1-4}$ ,  $U_{A-4}$  bo'ladi. SHuning uchun qo'shimcha II-II kesim o'tkazamiz, ya'ni 1-tugunni qirqib qaraymiz (9.2-rasm, v). I-I kesim (8.8-rasm, b) bo'yicha



$$\sum U = 0;$$

$$R_A - P + (D_{1-3} - D_{1-4}) \cdot \sin\alpha = 0, \quad \text{(a)}$$

tenglamani tuzamiz.

1-tugundan (9.2-rasm, v)

$$\sum X = 0; \quad (D_{1-3} - D_{1-4}) \cdot \cos\alpha = 0, \quad \text{(b)}$$

tenglamani tuzamiz.

Bundan

$$D_{1-3} = -D_{1-4} \quad (v)$$

(v) ni (a) ga qo'yib  $D_{1-4}$  ni aniqlasak,

$$D_{1-4} = \frac{R_A - P}{2 \sin \alpha} = \frac{1.5P}{2 \sin \alpha} \quad \text{bo'ladi.}$$

**4. Sterjenlarni almashtirish usuli.** Murakkab fermalarni hisoblashni soddalashtirish uchun sterjenlarni almashtirish usuli tadbiiq etiladi. Bu usul yordamida murakkab fermani oddiy fermaga almashtirish mumkin. Sterjenlarni almashtirish usuli bilan hosil qilingan ferma o'zgartirilgan ferma deyiladi. O'zgartirilgan fermani yuqorida qaralgan usullarning biri bilan hisoblash mumkin.

Sterjenlarni almashtirish usulini quyidagi misol orqali qaraymiz.

**Misol. 9.3-rasm, a da berilgan fermaning 2-4 sterjenidagi zo'riqish aniqlansin.**

**Echish:**

1) Fermaning tayanch reaksiyalarini topamiz.

$$H_A = 0; \quad R_A = R_B = \frac{P}{2}$$

2) 9.3-rasm, a da keltirilgan fermani 2 - 4 sterjenini tashlab, uni A-V sterjen bilan almashtirib o'zgartirilgan oddiy ferma hosil qilinadi (9.3-rasm, b).

Tashlab yuborilgan 2-4 sterjendagi zo'riqishni noma'lum deb, X bilan belgilanadi. Almashtirilgan sterjendagi zo'riqish, almashtiruvchi sterjendagi zo'riqish nol ekanligidan foydalanib aniqlanadi, ya'ni

$$N_{AB} = N_{AB,P} + \overline{N}_{AB} \cdot X = 0, \quad \text{bundan}$$

$$X = \frac{-N_{AB,P}}{\overline{N}_{AB}} \quad \text{bo'ladi.}$$

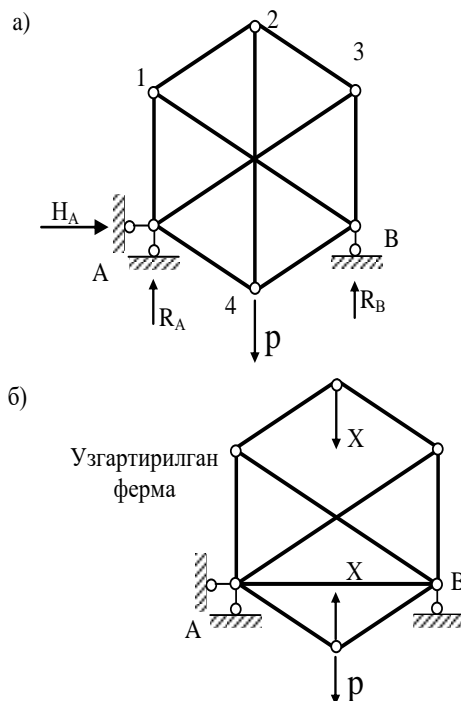
bu erda  $\overline{N}_{AB}$ ,  $N_{AB,P}$  - almashtiruvchi AV sterjendagi  $X=1$

va tashqi yuklardan hosil bo'lgan zo'riqishlar. Bu zo'riqishlar quyidagicha aniqlanadi. O'zgartirilgan fermani

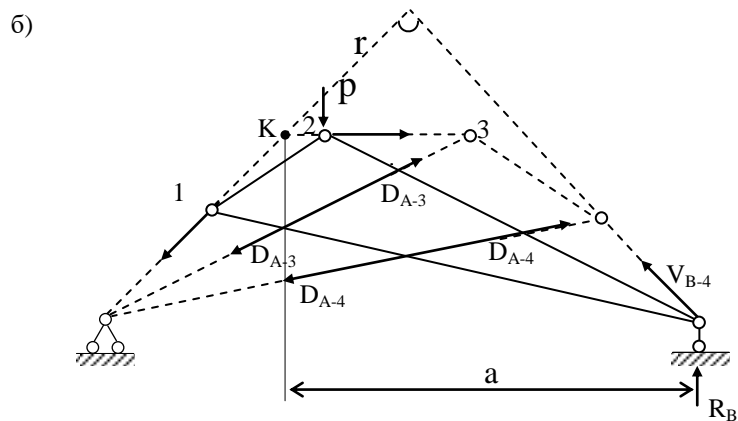
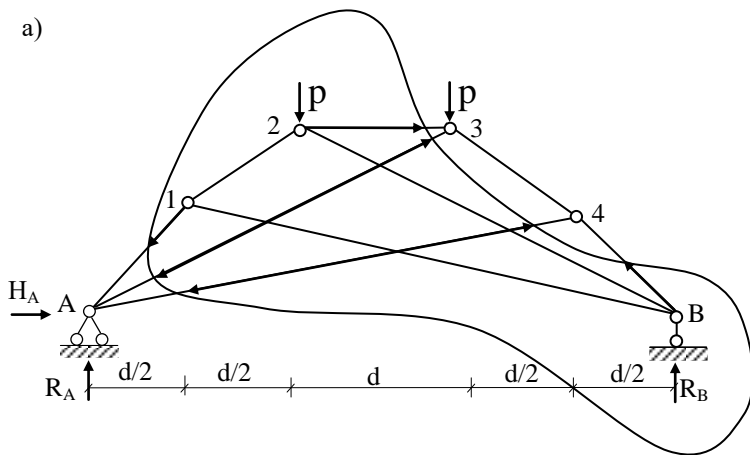
faqat  $X=1$  yukka hisoblab, AV sterjendagi  $\overline{N}_{AB}$  zo'riqishni tugun kesish usuli orqali topiladi.  $N_{AB,P}$  zo'riqishni aniqlash uchun esa o'zgartirilgan ferma faqat tashqi R yukka hisoblanadi. Bu erda ham tugun kesish usulini qo'llash maqsadga muvofiqdir.

**YOpiq (berk) kontur usuli.** Bu usul ham murakkab fermalarni hisoblash uchun qo'llaniladi. YOpiq kontur usulini SHuxov V.G. fermalari sterjenlari zo'riqishlarini aniqlash misolida qaraymiz. (9.4-rasm, a).

**Misol. 9.4-rasm, a da ko'rsatilgan fermaning V-4 sterjenidagi zo'riqish aniqlansin.**



9.3-rasm



9.4-pacm

**Echish:**

1) Ferma ning tayanch reaksiyalarini aniqlaymiz.

$$H_A = 0; \quad R_A = R_B = \frac{2P}{2} = P$$

2) Ferma sterjenidagi izlanayotgan zo'riqishni aniqlash uchun, uni kesib o'tuvchi yopiq qirgim yoki yopiq kontur o'tkazamiz (9.4-rasm, a). Fermani yopiq konturdan tashqari qismini tashlab yuboramiz va ichki qismini ajratib qoldiramiz (9.4-rasm, b) qoldirilgan qismi uchun muvozanat tenglama-sini tuzamiz.

$$\sum M_K = 0; \quad -R_B \cdot a - V_{B-4} \cdot r = 0,$$

bundan

$$V_{B-4} = -\frac{a}{r} R_B \quad \text{bo'ladi.}$$

**Ma'ruzani mustahkamlash uchun savollar.**

1. Fermalar deb nimaga aytiladi?
2. Fermalarning turlarini ayting?
3. Metal, temir-beton, yog'och fermalar qanday yasaladi?
4. Fermalarning tuguni deb nimaga aytiladi?
5. Fermalarning pastki va yukori belbog'lari deb nimaga aytiladi?

## 11-12 ma'ruza

### Mavzu: "Statik noaniq ramalarni kuchlar usulida hisoblash".

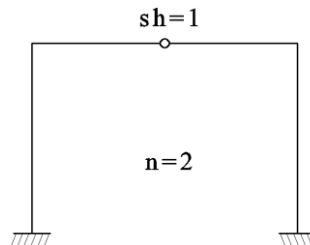
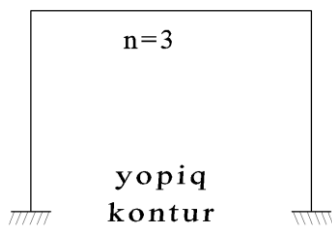
#### Kuch usulining mohiyati. Ramalarni kuch usulida hisoblash.

##### Reja:

1. Statik noanik sistemalarning xususiyatlari
2. Ularning statik noaniqlik darajasini aniqlash.
3. Asosiy sistema tanlash.
4. Asosiy sistemaning xususiyatlari.

#### 11.1 Statik noanik sistemalarni xisoblash nazariyasi

Jismning muvozanat shartlaridagina foydalanib, echib bulmaydigan sistemalarni statik noanik sistemalar deyiladi. Bunday sistemalarning ortikcha boglanishlari buladi. Ortikcha boglanish deb, geometrik uzgarmas va statik anik sistema xosil kilish uchun tashlab yuborilishi lozim bulgan boglanishlarni aytiladi. Ortikcha boglanishlar soni sistemaning statik noaniklik darajasini belgilaydi. Statik noanik sistemalarning ortikcha boglovchilari soni «n» kuyidagicha aniklanadi



$$n = 3K - Sh, \text{ bunda}$$

K – yopiq konturlar soni

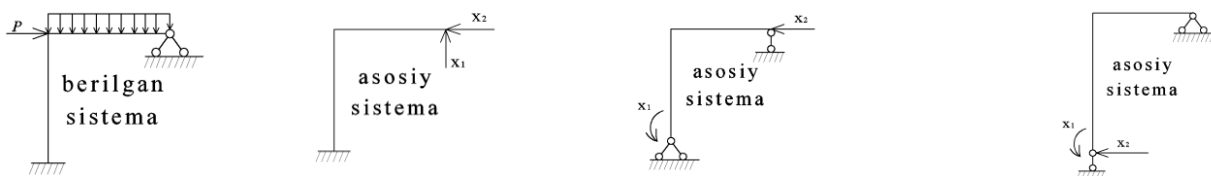
Sh – oddiy sharnirlar soni

Statik noanik sistemalar kuyidagi xususiyatlarga ega:

1. Undagi xar bir ortikcha boglanish sistemaning birkligini oshiradi;
2. Tejamli;
3. Biror ortikcha boglanishining yukolishi sistemaning butkul buzulishigaolib kelmaydi;
4. Temperatura ta'siri, tayanchlarning chukishi kushimcha zurikishlar xosil kiladi;
5. Ularda boshlongich zuraikish kuchlari bulishi mumkin.

Asosiy sistema va noma'lum zurikish kuchlari.

Sistema ortikcha boglanishlardan ozod kilinganda, xosil bulgan statik anik va geometrik uzgarmas sistema *asosiy sistema* deyiladi. Statik anikmas sistema uchun asosiy sistemani bir necha variantda tanlash mumkin



Berilgan rama bilan asosiy sistemani bir-biri bilan solishtirsak, kuyidagi ikki farkni kuramiz:

- 1) ramaning ortikcha boglanishlarida zurikish kuchlari mavjud, asosiy sistemada esa bu zurikishlar nolga teng;
- 2) ramada xar bir ortikcha zurikish kuchlari yunalishi buyicha kuchishlar nolga teng, asosiy sistemada esa bu kuchishlar mavjud.

Kuchlar usuli bilan ramalarni xisoblash bu ikki farkni yukotishga asoslangan.

1-farkni yukotish uchun asosiy sistemaga ortikcha boglanishlar yunalishi buyicha noma'lum zurikish kuchlari ta'sir ettiriladi va bu zurikish kuchlarini asosiy noma'lumlar deb kabul kilinadi. Bu noma'lum zurikuvchi kuchlar ichki va tashki buladi.

2-farkni yukotish uchun, xar bir ortikcha noma'lum zurikishlar yunalishi buyicha kuchishlarning yigindisi nolga teng bulishini ifodalovchi tenglamani yozamiz.

$$\Delta_{1(x_1, x_2, x_3, \dots, P)} = 0 \quad (5.1)$$

$$\Delta_{2(x_1, x_2, x_3, \dots, P)} = 0$$

$$\Delta_{3(x_1, x_2, x_3, \dots, P)} = 0$$

$$\Delta_{i(x_1, x_2, x_3, \dots, x_i, P)} = 0$$

## 11.2 Kuch usulining kanonik tenglamalari.

### Kanonik tenglama koefisientlari va ozod hadlarini aniqlash

Kuchlar ta'sirining mustakillik prinsipiga asosn, kuchlar sistemasi ta'siridan xosil bulgan umumiy kuchish  $X_1, X_2, \dots, R$  kuchlarining xar biridan aloxida topilgan kuchishlarning yigindisiga teng.

$$\Delta_{1x_1} + \Delta_{1x_2} + \Delta_{1x_3} + \dots + \Delta_{1P} = 0$$

$$\Delta_{2x_1} + \Delta_{2x_2} + \Delta_{2x_3} + \dots + \Delta_{2P} = 0 \quad (5.2)$$

$$\Delta_{3x_1} + \Delta_{3x_2} + \Delta_{3x_3} + \dots + \Delta_{3P} = 0$$

.....

$$\Delta_{ix_1} + \Delta_{ix_2} + \Delta_{ix_3} + \dots + \Delta_{ix_i} + \Delta_{iP} = 0$$

Bu tenglamalardagi  $X_1, X_2$  va x.k. zurikishlardan asosiy sistemada vujudga kelagn kuchishlarni tegishli birlik kuchishlar orkali ifodalaymiz:

$$\Delta_{1x_1} = \delta_{11} \cdot x_1; \quad \Delta_{1x_2} = \delta_{12} \cdot x_2; \quad \Delta_{1x_3} = \delta_{13} \cdot x_3$$

$$\Delta_{2x_1} = \delta_{21} \cdot x_1; \quad \Delta_{2x_2} = \delta_{22} \cdot x_2; \quad \Delta_{3x_2} = \delta_{32} \cdot x_2 \quad (5.3)$$

$$\Delta_{ix_i} = \delta_{ii} \cdot x_i; \quad \Delta_{ix_1} = \delta_{i1} \cdot x_1;$$

(5.3) ifodaga asosan, (5.2) ni noma'lumlar orkali yozamiz:

$$\delta_{11} \cdot x_1 + \delta_{12} \cdot x_2 + \dots + \delta_{1i} \cdot x_i + \Delta_{1P} = 0;$$

$$\delta_{21} \cdot x_1 + \delta_{22} \cdot x_2 + \dots + \delta_{2i} \cdot x_i + \Delta_{2P} = 0 \quad (5.4)$$

.....

$$\delta_{i1} \cdot x_1 + \delta_{i2} \cdot x_2 + \dots + \delta_{ii} \cdot x_i + \Delta_{iP} = 0$$

(5.4) tenglamalar kuchlar usulining kanonik tenglamalari deyiladi. Birlik kuchish va ozod xadlar Vereshchagin yoki simpson formulalari orkali aniklanadi. Asosiy sistemada vujudga kelgan birlik kuchishlar va ozod xadlar aniklangandan sung, kanonik tenglamalarni yozib noma'lum zurikishlar xisoblanadi.

### 11.3 Natijaviy eguvchi moment epyurasini chizish.

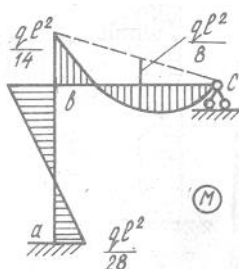
Kanonik tenglamalardan ortiqcha noma'lumlar ( $X_1, X_2, \dots$ ) aniqlangach, ramaning natijaviy, ya'ni tugal  $M$  epyurasi quriladi. Iсталgan kesimdagi momentning qiymati qo'shish usulida aniqlanadi:

$$M = M_p + X_1 \bar{M}_1 + X_2 \bar{M}_2 + \dots + X_n \bar{M}_n$$

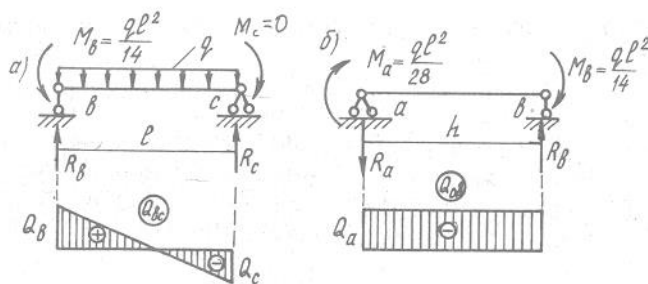
Bu erda  $M_p$  — statik aniq asosiy sistemada tashqi yuklardan hosil bo'lgan moment;  $\bar{M}_1$  — asosiy sistemada  $X_1=1$  kuchidan hosil bo'lgan moment.

$X_1$  kuchining haqiqiy qiymati ta'sirida hosil bo'lgan momentni topish uchun  $\bar{M}_1$  momentini  $X_1$  ga ko'paytiramiz, ya'ni  $X_1$  ta'siridagi haqiqiy moment  $X_1 \bar{M}_1$  bo'ladi. Bu qoida boshqa noma'lumlar ( $X_2, X_3, \dots, X_p$ ) ga ham tegishlidir.

8.6- rasmda berilgan ikki noma'lumli ramaning mazkur usulda qurilgan  $M$  epyurasi 8.8- rasmda aks etgan. Rasmda rigelning o'rtasidagi moment ham ko'rsatilgan. Ramaning eguvchi momentlar epyurasi hamma vaqt sterjenning tolalari cho'zilgan tomonga chizilishini eslatib o'tamiz.



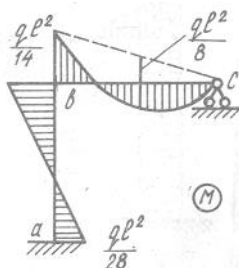
8.8 –rasm



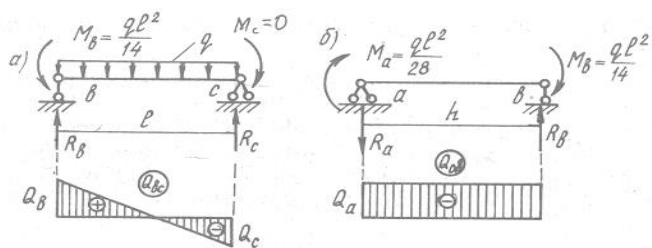
8.9-rasm

#### 11.4 Ko'ndalang $Q$ va bo'ylama kuch $N$ epyuralarini chizish. Epyuralarning to'g'riligini tekshirish.

Statik noaniq ramaning yakunlovchi  $M$  epyurasini qurib bo'ldik. Bu bilan hisobning eng muhim va murakkab qismi tugadi. Endi ko'ndalang va bo'ylama kuchlar epyuralarini qurishga kirishsak bo'ladi. Nega deganda  $M$  epyurasi asosida  $Q$  epyurasi,  $Q$  epyurasi asosida  $N$  epyurasi quriladi.



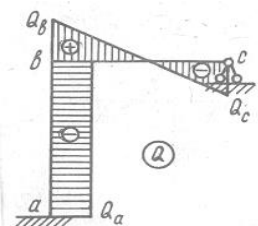
8.8 –rasm



8.9 –rasm

$Q$  epyurasini qurish uchun ramaning sterjenlarini alohida bo‘laklarga ajratamiz va ularni bir oraliqli statik aniq balkalar sifatida hisoblaymiz. Bunda balkalarga tashqi kuchlardan tashqari ramaning  $M$  epyurasidan olingan tugun momentlari ham qo‘yiladi. 8.9- rasmda 8.6- rasm, a-da berilgan ramaning alohida balkalarga ajratilishi va tegishli epyuralari tasvirlangan. 8.9- rasm, a-da  $bc$  rigeli, 8.9- rasm, b-da  $ab$  ustuni balka ko‘rinishida aks ettirilgan hamda tashqi kuch va tugun momentlari ko‘rsatilgan. Oddiy balkaning  $Q$  epyurasi materiallar qarshiligi kursida bayon etilgan qoidalar asosida quriladi. Ishning oxirida alohida balkalar uchun qurilgan  $Q$  epyurasi rama o‘qiga to‘planadi (8.10- rasm).

Endi  $Q$  epyurasi asosida  $N$  epyurasini quramiz. Bunda rigelga qo‘yilgan ko‘ndalang kuchlar ustun uchun bo‘ylama kuch, ustunga qo‘yilgan ko‘ndalang kuchlar esa rigel uchun bo‘ylama kuch bo‘ladi degan qoidaga asoslanamiz. Bo‘ylama kuch sterjenni cho‘zsa — **musbat**, siqsa — **manfiy** ishora olinadi.



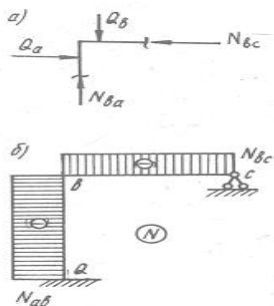
8.10- rasm

Biz tekshirayotgan ramaning (8.6- rasm) bo‘ylama kuchlar epyurasini qurish uchun uning  $Q$  epyurasidan  $b$  tugunni qirqib olamiz (8.11- rasm, a) va muvozanat shartlarini yozamiz:

$$\sum X = Q_a - N_{bc} = 0; \text{ } \textit{by} \textit{ erdan} N_{bc} = Q_a;$$

$$\sum Y = N_{ba} - Q_b = 0; \text{ } \textit{by} \textit{ erdan} N_{ba} = Q_b.$$

Aniqlangan qiymatlar bo‘yicha ramaning  $N$  epyurasi uriladi (8.11- rasm, b) .



8.11-rasm

**T e k s h i r i s h.** Ramalarning statik noaniqlik darajasi ortgan sari hisoblash ishlari murakkablashib boraveradi. Bunday hollarda hisob natijalarini tekshirish muhim ahamiyat kasb etadi. Oldingi paragrafda kanonik tenglama koeffisientlari va ozod hadlarini tekshirishni urgangan edik. Bu safar tugal  $M$ ,  $Q$  va  $N$  epyuralarini tekshirishni urganamiz.  $M$ ,  $Q$ ,  $N$  epyuralarini tekshirishning ikki usuli bor: statik tekshirish va deformatsion tekshirish. Epyuralarni **statik** tekshirganda, yaxlit rama yoki uning ayrim qismlari va tugunlari uchun muvozanat shartlari tuziladi. Bunda ramaning barcha tayanch reaksiyalarini vertikal o'qqa bo'lgan proeksiyalari yig'indisi tashqi yuklarning vertikal proeksiyalari bilan muvozanatda bo'lishi lozim. Biror nuqtaga nisbatan tayanch reaksiyalaridan olingan momentlar yig'indisi shu nuqtaga nisbatan tashqi kuchlardan olingan momentlar yig'indisiga teng bo'lishi zarur.

Ramaning har bir tuguni eguvchi momentlar ta'sirida muvozanatda yotishi kerak, buning uchun bir tugunga tutashgan rigel va ustundagi ordinatalar o'zaro teng, bo'lishi lozim. Tugunlardagi ko'ndalang va bo'ylama kuchlar alohida qaralganda, muvozanatda bo'lmaydi, biroq birgalikda qaralganda tugun muvozanatda yotishi zarur.  $M$ ,  $Q$  va  $N$  epyuralarini statik tekshirish ularning to'g'ri qurilganiga kafolat bo'la olmaydi, chunki statik muvozanat shartlari noma'lumlar xato topilgan taqdirda ham bajarilaveradi. Buning sababi shundaki, ramaning tugal  $M$  epyurasi statik aniq asosiy sistema uchun qurilgan. Agar tashqi yuk va aniqlangan noma'lumlar ta'sirida epyura to'g'ri kurilsa, u holda noma'lumlarning istalgan qiymatida rama statik muvozanat holatida bo'laveradi. Natijada noma'lumlarni aniqlashda yo'l qo'yilgan xato ochilmay qolaveradi.

**D e f o r m a s i o i n** tekshirish ortiqcha noma'lumlarni aniqlashda yo'l - qo'yilgan xatolarni payqash imkonini beradi. Hisob natijalarini deformatsion tekshirishda asosiy sistemalarga qurilgan birlik epyuralar ( $\bar{M}_1, \bar{M}_2$ ) ramaning tugal  $M$  epyurasi bilan navbatma-navbat ko'paytiriladi. Agar ortiqcha noma'lumlar to'g'ri aniqlanib, epyuralar to'g'ri qurilgan bo'lsa, bunday ko'paytma nolga teng chiqadi.

Statik noaniq ramalarni kuchlar usulida hisoblashga doir misollar bilan tanishamiz.

#### ***Nazorat uchun savollar***

1. Statik noaniqlik darajasi qaysi formula yordamida aniqlanadi?
2. Asosiy sistema qanday tanlanadi?
3. Asosiy sistema qanday xususiyatlarga ega?
4. Koeffisientlarni aniqlash uchun qanday ish bajariladi?
5. Ozod hadlarni aniqlash uchun qanday ish bajariladi?
6. Koeffisientlarni tekshirish uchun qanday ish bajariladi?
7. Ozod hadlarni tekshirish uchun qanday ish bajariladi?
8. Yig'indi birlik epyurasi qanday quriladi?
9. Yakuniy eguvchi moment epyurasi qanday quriladi?
10. Yakuniy eguvchi moment epyurasi qanday tekshiriladi?
11. Yakuniy eguvchi moment epyurasi qanday tekshiriladi?
12. Ko'ndalang kuch epyurasi qanday quriladi?
13. Umumiy tekshirish qanday bajariladi?



## 13-ma'ruza

### Mavzu: "Uzluksiz balkalarni hisoblash"

#### Reja:

1. Uzluksiz balkalar to'g'risida umumiy tushunchalar.
2. Uzluksiz balkalarni hisoblashni uch moment tenglamasi.

**Tayanch iboralar:** uzluksiz balka, statik noaniqlik darajasi, uzluksiz balka to'g'risida umumiy tushunchalar, uzluksiz balkalarni hisoblashni uch momentlar tenglamasi.

#### 1. Uzluksiz balkalar to'g'risida umumiy tushunchalar.

Uzluksiz balkalar qurilish amaliyotida ko'p uchraydigan inshoot elementlaridan biri hisoblanadi. Ular ko'priklar, tom osti yopmalarining va boshqa konstruksiyalarning asosiy qismlari sifatida qo'llaniladi.

**Uzluksiz balka deb, ikkitadan ortiq vertikal tayanchga ega bo'lgan va tayanchlaridan biri qo'zg'almas bo'lgan uzluksiz balkaga aytiladi.**

Uzluksiz balkalar statik noaniq bo'lib, ularning statik noaniqlik darajasi quyidagi formulaga asosan aniqlanadi:

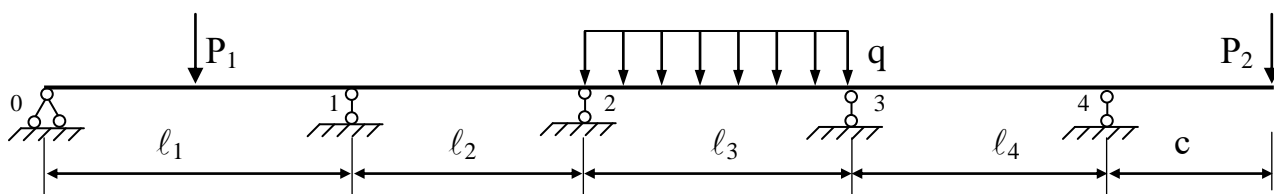
$$n=2SH+S_T-3D. \quad (a)$$

Uzluksiz balka uzluksiz yaxlit balkadan tashkil topganligi sababli,  $D = 1$ ,  $SH = 0$  bo'ladi. U holda (a) formula quyidagi ko'rinishga keladi.

$$n= S_t - 3 \quad (29.1)$$

bu erda  $S_t$  - tayanch bog'lanishlar soni.

Uzluksiz balkalarning tayanch bog'lanishlari va shu tayanchlarga to'g'ri keluvchi tayanch momentlari chapdan o'ngga qarab 0 dan boshlab 1, 2.., deb belgilanadi, oraliqlar esa doimo o'ng tayanch raqami bilan belgilanadi.



29.1- rasm

Misol uchun 29.1-rasmda berilgan uzluksiz balkani qaraymiz. Balkaning statik noaniqlik darajasi  $S_A = S_t - 3 = 6 - 3 = 3$ , ga teng, ya'ni uzluksiz balka 3 marta statik noaniq.

Uzluksiz balkalarni kuchlar usuli bilan hisoblashni qaraymiz. Uzluksiz balkalarning statik noaniqlik darajasi kuchlar usulida ulardagi ortiqcha bog'lanishlar sonini ifodalaydi. Uzluksiz balkalarni bu ortiqcha bog'lanishlardan ozod qilib, asosiy sistemaning ikki xil variantini tanlaymiz. Buning uchun yuqoridagi misolni qaraymiz. (29.1-rasm).

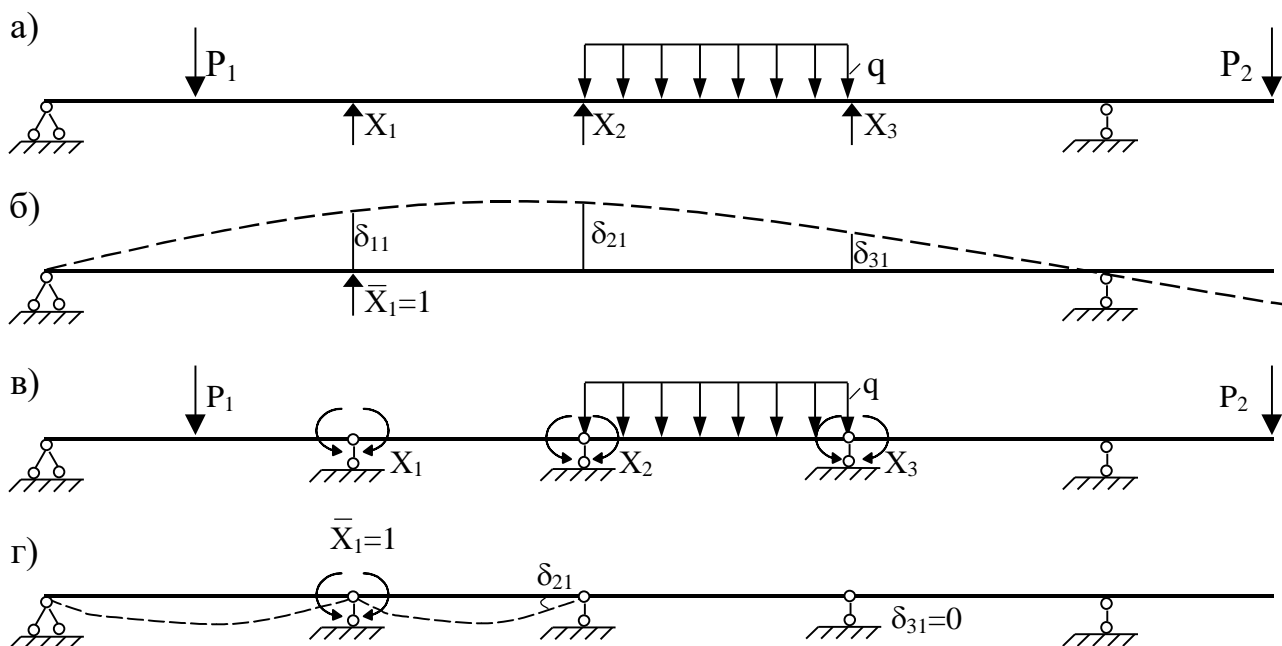
**1-variant.** Uzluksiz balkada bo'lgan ortiqcha tayanch bog'lanishlarini olib tashlab, ularning ta'sirini noma'lum reaksiya kuchlari  $X_1, X_2, X_3$  bilan almashtiramiz. (29.2-rasm, a).

**2-variant.** Uzluksiz balkaning oraliq tayanch kesimlariga sharnirlar kiritib, ichki bog'lanishlarning ta'sirini tegishli noma'lum tayanch momentlari bilan almashtiramiz. (29.2-rasm, v). Bu holda asosiy sistema oddiy statik aniq balkalardan iborat bo'ladi.

Kuchlar usulining kanonik tenglamasini tuzamiz.

$$\left. \begin{aligned} \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \delta_{13}X_3 + \Delta_{1p} &= 0, \\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \delta_{23}X_3 + \Delta_{2p} &= 0, \\ \delta_{31}X_1 + \delta_{32}X_2 + \delta_{33}X_3 + \Delta_{3p} &= 0. \end{aligned} \right\}$$

Kanonik tenglamalarning har biri, asosiy sistemadagi noma'lumlar yo'nalishi bo'yicha hosil bo'lgan ko'chishlarning yig'indisi nolga tengligini ifodalaydi.



29.2-rasm

Birinchi variantda ko'rsatilgan asosiy sistemadagi birlik ko'chishlarning  $\delta_{ij}$  birortasi ham nolga teng bo'lmaydi (29.2-rasm, b). Ikkinchi variantdagi asosiy sistema uchun kanonik tenglamaning har biri, noma'lum tayanch momentlari yunalishi bo'yicha o'zaro burchak ko'chishlarning yig'indisi nolga tengligini ifodalaydi. Bu asosiy sistema uchun ayrim yordamchi ko'chishlar nolga teng bo'ladi. Masalan:  $\delta_{31}=\delta_{13}=0$  (29.2-rasm, g).

Demak, uzluksiz balkalarni hisoblashni osonlashtirish uchun ortiqcha noma'lumlar sifatida tayanch momentlarini qabul qilish qulaydir.

## 2. Uzluksiz balkalarni hisoblashni uch moment tenglamasi.

Uzluksiz balkalarda ortiqcha noma'lumlar sifatida tayanch momentlari qabul qilinib asosiy sistema tanlansa, u holda asosiy sistema oddiy balkalardan iborat bo'ladi. Har bir oddiy balka o'ziga qo'yilgan yuk va tayanch momentlari bilan yuklangan bo'ladi. (29.3-rasm, a).

Asosiy sistemaning  $n$  tayanchidan chapda  $\ell_n$  va o'ngda  $\ell_{n+1}$  oraliqlarni qarasaq, bu oraliqlar faqat o'ziga qo'yilgan yukdan va noma'lum ( $X_{n-1}, X_n, X_{n+1}$ )  $M_{n-1}, M_n, M_{n+1}$  tayanch momentlaridan

deformatsiyalanadi. U vaqtda shu tayanch uchun kanonik tenglama tuzsak, bu tenglama 3 noma'lumli bo'ladi.

$$\delta_{n,n-1}M_{n-1} + \delta_{n,n}M_n + \delta_{n,n+1}M_{n+1} + \Delta_{np} = 0 \quad (29.2)$$

Birlik momentlardan va tashqi yukdan qurilgan epyuralarni (29.3-rasm, b, v, g va d) Vereshchagin usuli yordamida ko'paytirib,  $\delta_{n,n-1}$ ;  $\delta_{n,n}$ ;  $\delta_{n,n+1}$ ;  $\Delta_{np}$  larni aniqlab (29.2) tenglamaga qo'yamiz. Ozod hadni o'ng tomonga o'tkazib,  $6EI_0$  ga ko'paytirib, quyidagi tenglamani olamiz.

$$M_{n-1}\ell_n^1 + 2M_n(\ell_n^1 + \ell_{n+1}^1) + M_{n+1}\ell_{n+1}^1 = -6\left(\frac{I_0}{I_n}B_n^c + \frac{I_0}{I_{n+1}}A_n^c\right), \quad (29.3)$$

bu erda  $\ell_n^1 = \frac{I_0}{I_n}\ell_n$ ;  $\ell_{n+1}^1 = \frac{I_0}{I_{n+1}}\ell_{n+1}$ ; -oraliqlarning keltirilgan uzunligi;

$B_n^c = \omega_n \frac{a_n}{\ell_n}$   $\ell_n$  - oraliqdagi tashqi yukdan qurilgan epyura yuzasi soxta (fiktiv) yuk  $\omega_n$  dan

hosil bo'lgan o'ng tayanchdagi soxta reaksiya kuchi;

$A_{n+1}^c = \omega_{n+1} \frac{e_{n+1}}{\ell_{n+1}} - \ell_{n+1}$  - oraliqdagi tashqi yukdan qurilgan epyura yuzasi soxta yuk  $\omega_{n+1}$  dan

hosil bo'lgan chap tayanchdagi soxta reaksiya kuchi;

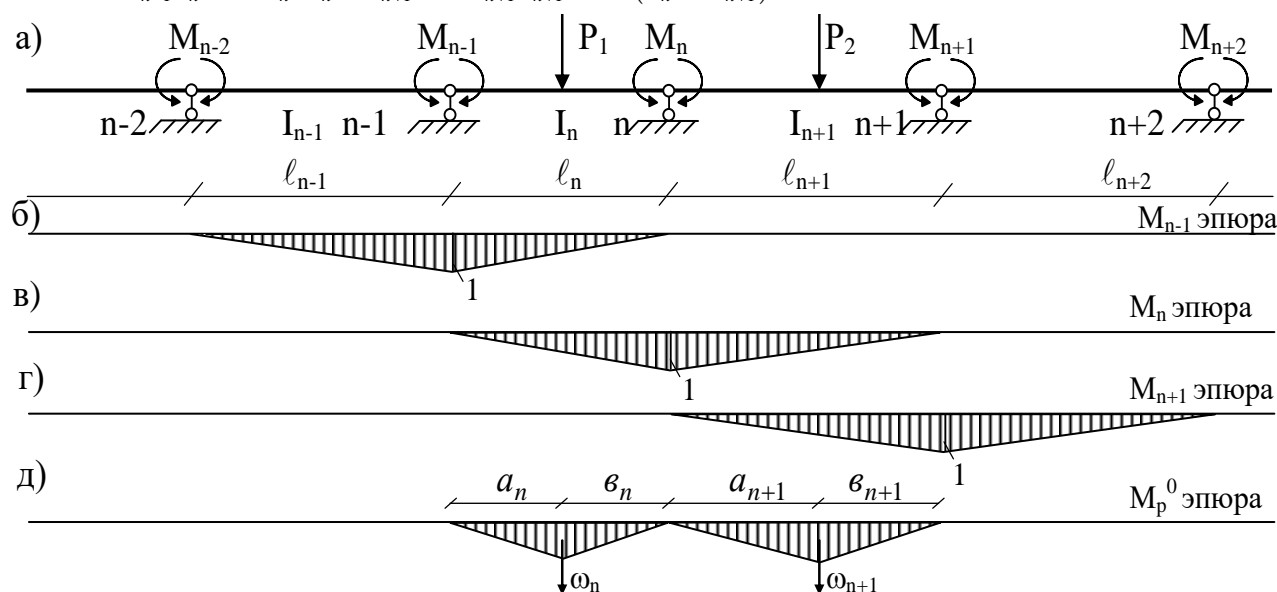
$a_n - \ell_n$  - oraliqdagi  $M_p^0$  epyura og'irlik markazidan (soxta yukdan) (n-1) -tayanchgacha bo'lgan masofa;

$e_{n+1} - \ell_{n+1}$  - oraliqdagi  $M_p^0$  epyura og'irlik markazidan ( $\omega_{n+1}$  soxta yukdan) (n+1) - tayanchgacha bo'lgan masofa;

$I_0$  - oraliqlarning keltirilgan inersiya momenti.

Agarda  $EI_{n-1}=EI_n=EI_{n+1}=EI_0=const$  bo'lsa, u vaqtda (29.3)

$$M_{n-1}\ell_n + 2M_n(\ell_n + \ell_{n+1}) + M_{n+1}\ell_{n+1} = -6(B_n^c + A_{n+1}^c). \quad (29.4)$$



29.3-расм

(29.3) va (29.4) tenglamada uchta qo'shni tayanch momentlarining o'zaro bog'langanligi sababli, bu tenglama ***uch moment tenglamasi*** deb ataladi.

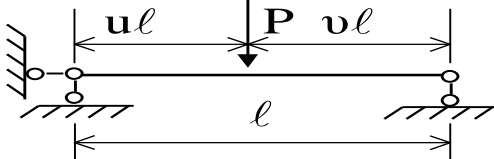
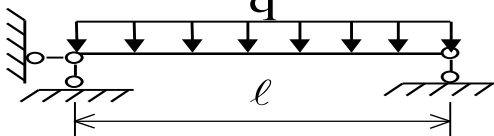
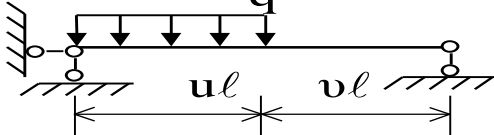
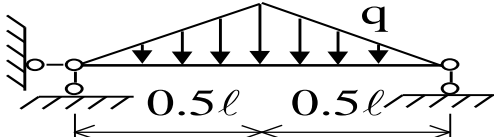
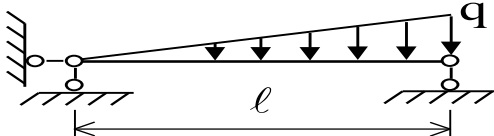
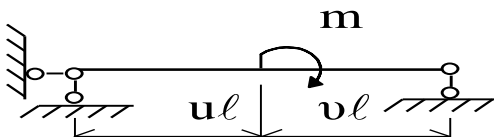
Uzluksiz balkada qancha oraliq tayanchlar bo'lsa, shuncha uch moment tenglamalari tuziladi. Demak, uch momentlar tenglamalarining soni tutash balkaning statik noaniqlik darajasiga teng ekan. Uch moment tenglamasini yozishda quyidagi hollarni hisobga olish kerak.

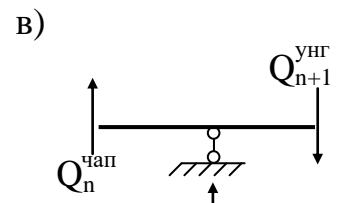
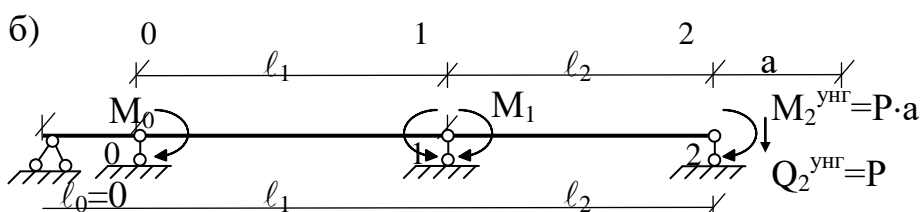
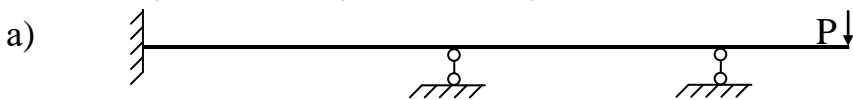
***1. Uzluksiz balkaning bir uchi konsolli bo'lsa, bu konsoldagi tashqi yukdan hosil bo'lgan tayanch momenti ma'lum deb, asosiy sistemaga qo'yiladi. (29.4-rasm, b).***

***2. Uzluksiz balkaning biror uchi qistirib mahkamlangan bo'lsa, asosiy sistema tanlashda balkaning qistirilgan uchini fikran davom ettirib, yana bir oraliq qo'shiladi. Bu oraliqning uzunligini tenglama tuzilgandan so'ng 0 ga teng deb olinadi va bu oraliqning bikrligi cheksiz deb hisoblanadi. (29.4-rasm, b).***

Uch moment tenglamalari sistemasini birgalikda echib, noma'lum tayanch momentlari aniqlangandan so'ng uzluksiz balkalar uchun eguvchi moment va ko'ndalang kuch epyuralari quyidagi formulalar yordamida quriladi.

Uzluksiz balkalar oraliqlarining har xil yuklanishlari uchun, 6 ga ko'paytirilgan holda soxta tayanch reaksiyalarining qiymatlari 29.1-jadvalda berilgan.

Yuklanish turlari	6 A <sup>S</sup>	6 V <sup>S</sup>
1	2	3
	$pl^2u\vartheta(1+\vartheta)$ $u=\vartheta = \frac{3}{8}\rho l^2$	$pl^2u\vartheta(1+u)$ 0,5 bo'lsa $\frac{3}{8}\rho l^2$
	$\frac{ql^3}{4}$	$\frac{ql^3}{4}$
	$\frac{ql^3u^2(2-u^2)}{4}$	$\frac{ql^3u^2(2-u^2)}{4}$
	$\frac{5}{32}ql^3$	$\frac{5}{32}ql^3$
	$\frac{7}{60}ql^3$	$\frac{2}{15}ql^3$
	$-ml(1-3\vartheta^2)$ $u=\vartheta =$	$ml(1-3u^2)$ 0,5 bo'lsa
	$-\frac{ml}{4}$	$\frac{ml}{4}$



$$M_x = M_p^0 + M_{n-1} \frac{l_n - x}{l_n} + M_n \frac{x}{l_n}; \quad (29.5)$$

$$Q_x = Q_p^0 + \frac{M_n - M_{n-1}}{\ell_n}. \quad (29.6)$$

Bu yerda  $M_p^0$  va  $Q_p^0$  – oddiy balkadagi tashki yukdan hosil bo‘lgan eguvchi moment va ko‘ndalang kuch.

Balkaning eguvchi moment epyurasi qurilgandan so‘ng deformatsion tekshirish o‘tkaziladi.

$$\sum \int \frac{M_x \cdot \overline{M}_i}{EJ} dx \approx 0 \quad (29.7)$$

Ko‘ndalang kuch epyurasi yordamida tayanch reaksiyalari quyidagi formula yordamida aniqlanadi. (29.4-rasm, v).

$$R_n = Q_{n+1}^{yhz} - Q_n^{uan} \quad (29.8)$$

### Ma‘ruzani mustahkamlash uchun savollar.

1. Uzlüksiz balkalar deb nimaga aytiladi?
2. Uzlüksiz balkani statik noaniqlik darajasi qanday aniqlanadi?
3. Uch moment tenglamasini yozing?
4. Uch moment tenglamasini yozishda qanday hollar hisobga olinadi?.
5. Uch momentlar tenglamalarining soni nimaga bogliq?
6. Uzlüksiz balkani soxta tayanch reaksiyalarining qanday aniqlanadi?
7. Uzlüksiz balkaning ixtiyoriy kesimidagi  $M_x$  ,  $Q_x$  va epyuralarini chizishni va ularni tekshirishni ayting?
8. Uzlüksiz balkaning eguvchi moment epyurasi qurilgandan so‘ng deformatsion tekshirish qanday o‘tkaziladi?

## 14-15 ma'ruza

Mavzu: "Statik noaniq ramalarni ko'chishlar usulida hisoblash"

Reja:

1. Ko'chishlar usulining mohiyati va noma'lumlari.
2. Ko'chishlar usulining asosiy sistemasi.
3. Ko'chishlar usulining kanonik tenglamalari.
4. Bir oraliqli statik noaniq balka reaksiyalarini aniqlash.
5. Birlik reaksiyalarining o'zaro bog'lanishi haqida teorema.
6. Birlik reaksiya bilan birlik ko'chishning o'zaro bog'lanish teoremasi.
7. Statik noaniq ramalarni tashqi yuklar ta'siriga ko'chishlar usuli bilan hisoblash tartibi.
8. Kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlarini aniqlash va ularni tekshirish.
9. Yakuniy eguvchi moment, ko'ndalang va bo'ylama kuch epyuralarin chizish hamda ularni tekshirish.

*Tayanch iboralar:* ko'chishlar usulining mohiyati va noma'lumlari, ko'chishlar usulining asosiy sistemasi, ko'chishlar usulining kanonik tenglamalari, bir oraliqli statik noaniq balka reaksiyalari, birlik reaksiyalarining o'zaro bog'lanishi haqida teorema, birlik reaksiya bilan birlik ko'chishning o'zaro bog'lanish teoremasi, statik noaniq ramalarni ko'chishlar usuli hisoblash tartibi, statik noaniq ramalarni ko'chishlar usuli hisoblash tartibi, ko'chishlar usulining noma'lumlari, asosiy sistemasi va ko'chishlar usulining kanonik tenglamalari, kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlarini aniqlash va ularni tekshirish, yakuniy eguvchi moment, ko'ngdalang va bo'ylama kuch epyuralarin chizish hamda ularni tekshirish.

### 1. Ko'chishlar usulining mohiyati va noma'lumlari.

Ma'lumki, statik noaniq sistemalarni kuchlar usuli bilan hisoblashda ortiqcha bog'lanishlarining zo'riqishlari noma'lum deb qabul qilingan edi. Bu zo'riqishlarning qiymatlari aniqlangandan keyin statik noaniq sistemalardagi ko'chishlar hisoblanishi mumkin. Shu sistemalarni boshqacha yo'l bilan ham echish mumkin, buning uchun avval sistema tugunlarida hosil bo'lgan ko'chishlarni hisoblab, so'ngra uning ixtiyoriy kesimidagi ichki zo'riqishlarni hisoblash mumkin.

Masalan, 32.1-rasmda berilgan rama tashqi kuchlar ta'siridan deformatsiyalanib, uning tugunlari burchakli va chiziqli ko'chadi. Ramaning 1 tuguni  $\varphi_1$  ga, 2-tuguni  $\varphi_2$  burchakka buriladi, shu bilan birga bu tugunlar gorizontal yo'nalishda  $\delta$  miqdorga ko'chadi.

**Ramalarni ko'chishlar usuli bilan hisoblashda noma'lumlar sifatida ularning tugunlaridagi burchakli va chiziqli ko'chishlar qabul qilinadi.**

**Bu ko'chishlarni hisoblashda:**

**1. Rama elementlarining faqat egilishi e'tiborga olinib, ularning siqilishi va cho'zilishi hisobga olinmaydi.**

**2. Ramalar deformatsiyalanganda, ularning tugunlari orasidagi masofa o'zgarmaydi, deb qabul qilinadi.**

**Ramalarni ko'chishlar usuli bilan hisoblashda umumiy noma'lumlar soni  $n$  ularning birkir tugunlari burilishi va chiziqli ko'chishlarining yig'indisiga teng bo'ladi:**

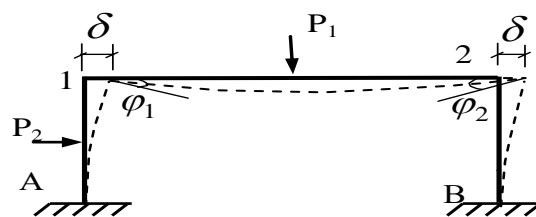
$$n = n_b + n_{ch} \quad (32.1)$$

bu erda,  $n_b$  – burchakli ko'chishlar soni,

$n_{ch}$  – rama tugunlarining chiziqli ko'chishlari soni.

**Umumiy noma'lumlar soni  $n$  ramaning kinematik noaniqlik darajasi sonini ifodalaydi.**

**Burchakli ko'chishlar soni  $n_b$  – ramaning birkir**



32.1-pacm

**tugunlarining soniga teng bo'ladi. CHiziqli ko'chishlar sonini aniqlash uchun ramaning har bir bokr tuguniga va bokr tayanchiga sharnir kiritish yo'li bilan yangi geometrik o'zgaruvchan sharnirli sxema hosil qilinadi. Bu sharnirli mexanizmning erkinlik darajasi ramaning chiziqli ko'chishlari soniga teng bo'ladi.**

$$n_{ch} = W = 3D - 2SH - S_T \quad (32.2)$$

**Misol. 32.2-rasm, a da berilgan ramaning kinematik noaniqlik darajasi aniqlansin.**

**Yechish:** Ramaning kinematik noaniqlik darajasi (14.1) formulaga asosan aniqlanadi.

$$n = n_b + n_{ch}$$

Ramaning bokr tugunlari soni 6 ga tengligidan, burchakli ko'chishlar soni  $n_b = 6$  bo'ladi.

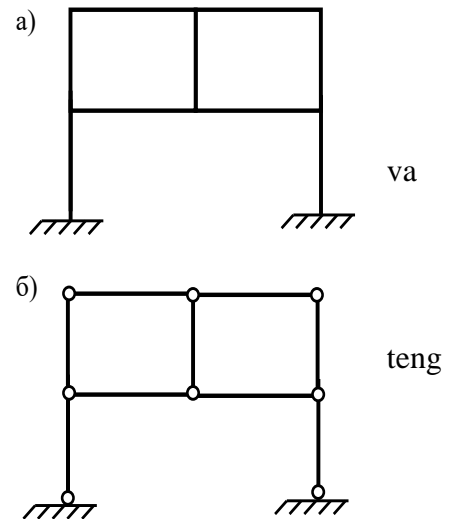
Ramaning chiziqli ko'chishlari sonini aniqlash uchun, uning bokr tugunlari va tayanchlariga sharnir kiritib, geometrik o'zgaruvchan sharnirli sxema bilan almashtiramiz (32.2-rasm, b) bu sharnirli sxemaning erkinlik darajasini (32.2) formula yordamida hisoblaymiz.

$$n_{ch} = 3 \cdot 9 - 2 \cdot 10 - 4 = 27 - 24 = 3$$

Demak, rama tugunlarining chiziqli siljishlari soni  $n_{ch} = 3$  ga bo'lar ekan.

Shunday qilib, ramadagi noma'lumlar soni

$$n = 6 + 3 = 9 \quad \text{bo'ladi.}$$



27.2-pacm

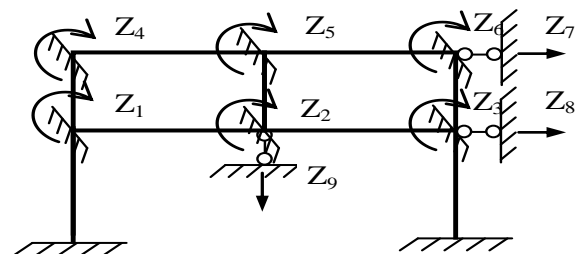
## 2. Ko'chishlar usulining asosiy sistemasi.

Kuchlar usulida asosiy sistema statik noaniq ramani ortiqcha bog'lovchilardan ozod qilish yo'li bilan tanlangan edi. Bu holda asosiy sistema statik aniq va geometrik o'zgarmas bo'lishi shart edi.

Ko'chishlar usulida esa asosiy sistema – berilgan ramaga, tugunlarining burchakli va chiziqli ko'chishlariga qarshilik ko'rsatuvchi 2 xil bog'lovchilar kiritish yo'li bilan hosil qilinadi. Birinchi xil bog'lovchilar – bokr bog'lanishlar bo'lib, faqat tugunlarning burchakli ko'chishlariga qarshilik ko'rsatadi. Ikkinchi xil bog'lovchilar – sterjenlar bo'lib, tugunlarning chiziqli ko'chishlariga imkon bermaydi. Demak, ko'chishlar usulining asosiy sistemasini berilgan rama tugunlarini burchakli va chiziqli ko'chishlarini cheklash orqali tanlanadi. Bunday asosiy sistema yagona bo'ladi. Ma'lumki, kuchlar usulining asosiy sistemasi cheksiz ko'p bo'lar edi.

**Misol. 32.2-rasm, a da keltirilgan rama uchun asosiy sistema tanlang.**

**Yechish.** YUqoridagi misoldan ma'lumki, rama 6 ta burchakli va 3 ta chiziqli ko'chishga ega. 6 ta burchakli ko'chishni cheklash uchun bokr tugunlarni bokr bog'lanishlar bilan, 3 ta chiziqli ko'chishlarni cheklash uchun shu ko'chishlar yo'nalishi bo'yicha sterjenlar bilan mahkamlaymiz (32.3-rasm). Hosil bo'lgan sistema ko'chishlar usulining asosiy sistemasi deyiladi.



14.3-pacm



### 3. Ko‘chishlar usulining kanonik tenglamalari.

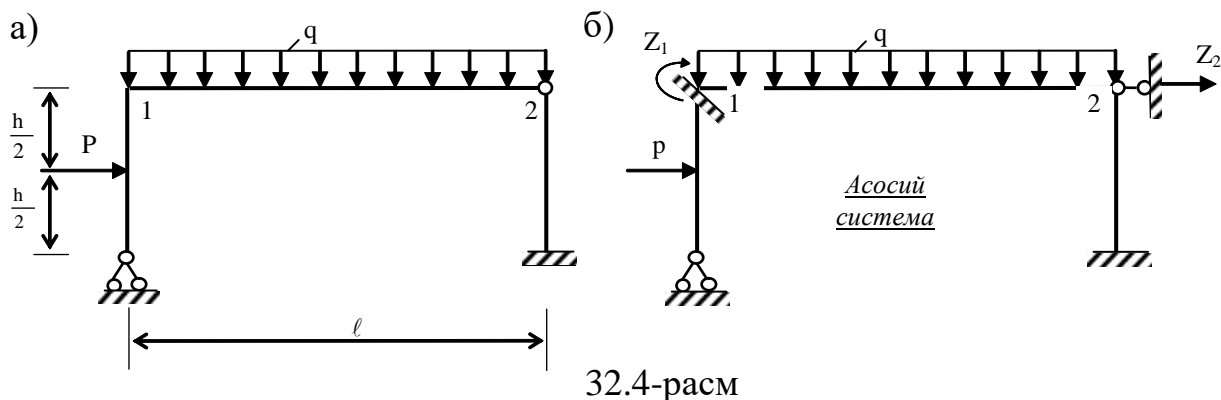
Tashqi kuchlar ta‘sirida bo‘lgan statik noaniq rama tugunlarining chiziqli va burchakli ko‘chishlarini aniqlash uchun kanonik tenglamalar sistemasini tuzishga to‘g‘ri keladi.

Asosiy sistema tugunlariga kiritilgan har bir qo‘shimcha bog‘lanishda hosil bo‘lgan reaksiyalarning yig‘indisi  $R_i$  nolga teng bo‘lishi kerak, chunki berilgan rama tugunlarida bu bog‘lanishlarning yo‘qligi va tugunning muvozanatda bo‘lishi shartidan reaktiv zo‘riqishlar nolga teng bo‘ladi, ya‘ni

$$R_1=0, \quad R_2=0, \quad \dots, \quad R_n=0 \quad (32.3)$$

Bu shartni qanoatlantiruvchi tenglamalar ko‘chishlar usulining kanonik tenglamalari deyiladi. Kanonik tenglamalar soni berilgan ramaning kinematik noaniqlik darajasiga teng bo‘ladi.

Kanonik tenglamalar sistemasini tuzish tartibini quyidagi misolda qaraylik (32.4-rasm, a). Masalan, 2 marta statik noaniq rama uchun kanonik tenglama tuzaylik.



32.4-рasm

Ramani tugunlaridagi noma‘lum burchakli va chiziqli ko‘chishlarni  $Z_i$  bilan belgilaymiz. Asosiy sistema tugunlariga qo‘yilgan qo‘shimcha bog‘lanishlarda tashqi kuchlardan va  $Z_1, Z_2$  ko‘chishlardan reaktiv moment va zo‘riqish kuchlari hosil bo‘ladi (32.4-rasm, b), (32.3) ga asosan:

$$\left. \begin{aligned} R_1 &= R_{1z_1} + R_{1z_2} + R_{1p} = 0, \\ R_2 &= R_{2z_1} + R_{2z_2} + R_{2p} = 0. \end{aligned} \right\} \quad (32.3 a)$$

Bu erda birinchi indeks asosiy sistema hosil qilish uchun kiritilgan bog‘lanishlarning nomerini, ikkinchi indeks shu bog‘lanishlarda hosil bo‘layotgan reaksiyani, hosil bo‘lish sababini ko‘rsatadi.

Masalan,  $R_{1p}$  - asosiy sistema 1 - bog‘lanishidagi tashqi yukdan hosil bo‘lgan reaktiv moment;  $R_{1z_1}$  va  $R_{1z_2}$  - asosiy sistemani birinchi bog‘lanishida  $Z_1$  burchakli, va  $Z_2$  chiziqli ko‘chishdan hosil bo‘lgan reaktiv momentlar.

Agarda  $R_{kzi} = r_{ki} Z_i$  deb ifodalasak, bu erda  $r_{ki}$  - asosiy sistemani  $k$  bog‘lanishdagi  $Z_i=1$  birlik ko‘chishdan hosil bo‘lgan reaksiya;  $Z_i$  - noma‘lum ko‘chish.

U vaqtda (32.3 a) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$\left. \begin{aligned} r_{11} Z_1 + r_{12} Z_2 + R_{1p} &= 0, \\ r_{21} Z_1 + r_{22} Z_2 + R_{2p} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (32.4)$$

Agarda rama  $n$  marta statik noaniq bo‘lsa (32.4) ga asosan kanonik tenglama quyidagicha yoziladi:

$$\left. \begin{aligned} r_{11} Z_1 + r_{12} Z_2 + \dots + r_{1n} Z_n + R_{1p} &= 0, \end{aligned} \right\}$$

$$\begin{aligned} r_{21}Z_1 + r_{22}Z_2 + \dots + r_{2n}Z_n + R_{2p} &= 0, \\ \dots & \\ r_{n1}Z_1 + r_{n2}Z_2 + \dots + r_{nn}Z_n + R_{np} &= 0. \end{aligned} \quad (32.5)$$

**(32.5) tenglamalarga ko'chishlar usulining kanonik tenglamalari deyiladi.**

Kanonik tenglamalar sistemasining (14.5) bosh diagonali bo'yicha joylashgan birlik reaksiyalarni bosh reaksiyalar yoki bosh koeffitsientlar deyiladi. Bosh koeffitsientlardan tashqarida joylashgan koeffitsientlarni yordamchi reaksiyalar deyiladi. Birlik reaksiyalarning o'zaro bog'lanish teoremasiga asosan, bosh diagonalga nisbatan simmetrik bo'lgan koeffitsientlar bir-biriga teng bo'ladi:

$$r_{ik} = r_{ki}.$$

$R_{1p}, R_{2p} \dots R_{np}$  lar ozod hadlar yoki tashqi yuk reaksiyalari deyiladi.

**4. Bir oraliqli statik noaniq balka reaksiyalarini aniqlash.**

Ko'chishlar usulining kanonik tenglamasini tuzish uchun  $r_{ik}$  va  $R_{ip}$  reaksiyalarini aniqlashga to'g'ri keladi. Buning uchun asosiy sistemaning har bir sterjenini bir oraliqli statik noaniq balka deb, ularda tashqi yuklardan va balka uchlaridagi birlik ko'chishlardan hosil bo'layotgan eguvchi moment epyuralarini chizishga to'g'ri keladi.

Misol uchun avvalo, bir uchi qistirib mahkamlangan, ikkinchi uchi sharnirli mahkamlangan sterjenni qaraylik (32.5-rasm, a). Qistirib mahkamlangan tomonni  $\bar{Z} = 1$  burchakka buramiz va bu burilishdan, birk tayanchda hosil bo'lgan reaktiv momentni aniqlaylik. Bu masala 1 marta statik noaniq balka bo'lib, uni kuchlar usuli bilan ehamiz. Kuchlar usulining asosiy sistemasi 32.5-rasm, b da ko'rsatilgan. Birlik eguvchi moment epyurasi  $\bar{M}_1$  32.1-rasm, v da va balkaning birk tayanchi burchak burilishi 32.5-rasm, g da ko'rsatilgan.

$$\delta_{11}X_1 + \Delta_{1p} = 0,$$

bu erdan 
$$X_1 = -\frac{\Delta_{1p}}{\delta_{11}}$$

$\delta_{11}$  va  $\Delta_{1p}$  birlik va tashqi yuk ko'chishlarini aniqlaymiz:

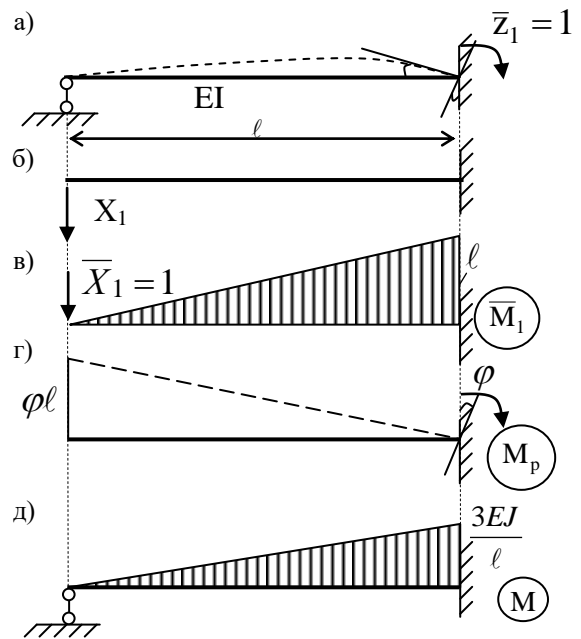
$$\delta_{11} = \sum \int \frac{M_1^2}{EI} dx = \frac{l \cdot l}{2EI} \cdot \frac{2}{3} \cdot l = \frac{l^3}{3EI};$$

$$\Delta_{1p} = -\varphi l;$$

U holda noma'lum reaksiya kuchi quyidagicha bo'ladi:

$$X_1 = \frac{\varphi l}{l^3} \cdot 3EI = \frac{3EI \cdot \varphi}{l^2}$$

agar  $\varphi = 1; \quad X_1 = 3EI / l^2$



32.5-rasm

Yakuniy eguvchi moment epyurani quyidagi formula yordamida quramiz (32.5-rasm, d).

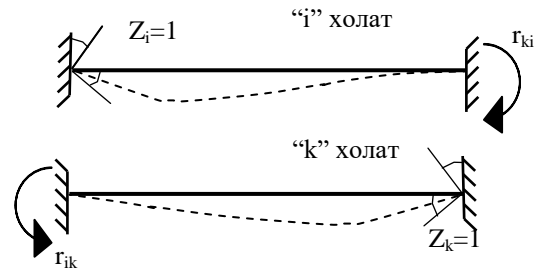
$$M = \bar{M}_1 X_1$$

Shu tartibda boshqa hollar uchun ham birlik ko'chishlar va tashqi yuklardan epyuralar quramiz. 32.1-jadvalda bir oraliqli balkalar uchun birlik, burchakli, chiziqli ko'chishlar va har xil yuklanishlar uchun reaksiyalar hisoblangan tayyor natijalar berilgan.

### 5. Birlik reaksiyalarining o'zaro bog'lanishi haqida teorema.

Asosiy sistemaning i va k birlik holatlari uchun bajarilishi mumkin bo'lgan ishlarning o'zaro bog'lanishi teoremasini yozamiz (32.6-rasm).  $A_{ki} = A_{ik}$

Ya'ni i holat reaksiya kuchlarining k holatdagi ko'chishda bajargan ishi k holat reaksiya kuchlarining i holatdagi ko'chishlarida bajargan ishiga tengdir.



32.6-рasm

$r_{ik}Z_i = r_{ki}Z_k$ ,  $Z_i = Z_k = 1$  tengligidan  $r_{ik} = r_{ki}$  bo'ladi.

Bu tenglik reaksiyalarining o'zaro bog'lanish teoremasi deyiladi.

### 3. Birlik reaksiya bilan birlik ko'chishning o'zaro bog'lanish teoremasi.

Asosiy sistema ixtiyoriy elementining ikki holatini tekshiramiz. 1-holatda elementga tashqi R kuch qo'yilgan bo'lsin (32.7-rasm, a). 2-holatda esa tayanch bog'lanishi  $Z_i = 1$  ga burilgan bo'lsin (32.7-rasm, b). Bu ikki holat uchun ishlarning o'zaro bog'lanish teoremasini yozamiz:

$$A_{pi} = A_{ip}$$

Bunda  $A_{pi} = R_{ip} \cdot 1 + P \cdot \delta_{pi}$ ;  $A_{ip} = 0$ .

U holda

$$R_{ip} + P \cdot \delta_{pi} = 0,$$

$$R_{ip} = -P \delta_{pi}.$$

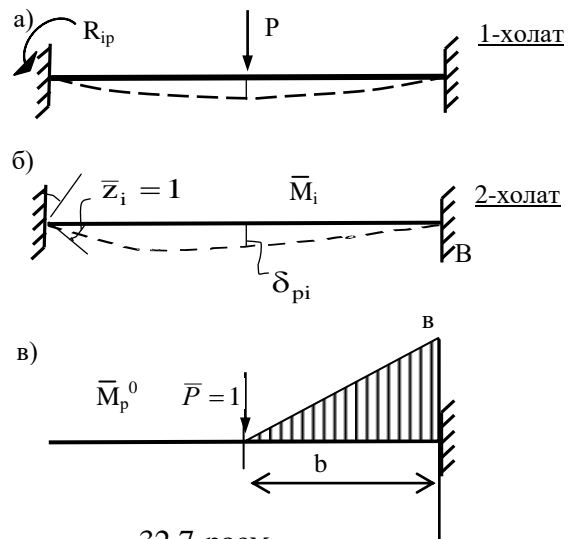
(32.6)

Agarda tashqi yuk  $\bar{P} = 1$  bo'lsa,

$$R_{ip} = -\delta_{pi}. \quad (32.7)$$

Demak, asosiy sistemada  $\bar{P} = 1$  dan i bog'lanishida hosil bo'lgan reaksiya kuchi bilan uning i bog'lanishining birlik ko'chishidan R kuch yo'nalishi bo'yicha hosil bo'lgan ko'chish miqdorlari o'zaro teng bo'lib, ishoralari teskari bo'ladi. Bunga birlik reaksiya bilan birlik ko'chishning o'zaro bog'lanish teoremasi deyiladi.

Agar  $\delta_{pi}$  ko'chish Mor formula-siga asosan aniqlansa birinchi R holat sifatida statik aniq sistema olish tavsiya qilinadi (32.7-rasm, v).



32.7-рasm

$$\delta_{pi} = \sum \int \frac{M_p^0 \cdot M_i}{EI} dx$$

(a)

(32.6) va (a) ga asosan kanonik tenglamalarning ozod hadlarini hisoblaymiz.

$$R_{ip} = -P \cdot \delta_{pi} = -P \sum \int \frac{M_p^0 M_i}{EI} dx,$$

$$M_p^0 = P M_p^0 \quad \text{deb belgilasak, u holda} \quad R_{ip} = -\sum \int \frac{M_p^0 M_i}{EI} dx, \quad (32.8)$$

bu erda  $M_p^0$  - tashqi kuchdan statik aniq sistemada hosil bo'lgan eguvchi moment epyurasi. Demak, asosiy sistemaning bog'lanishida tashqi kuchlardan hosil bo'lgan reaksiyani (32.7) formulaga asosan aniqlash mumkin.

t/n	Balkalarning sxemalari va uning yuklanishlari	Eguvchi moment epyurasi va reaksiyalar	Moment va reaksiya qiymatlari
1.			$R_A = -R_B = -3EI/l^2$ $M_A = 3EI/l$
2.			$R_A = -R_B = -6EI/l^2$ ; $M_A = 4EI/l$ ; $M_B = 2EI/l$ .
3.			$R_A = -R_B = -3EI/l^3$ ; $M_A = 3EI/l^2$ .
4.			$R_A = -R_B = 12EI/l^3$ ; $M_A = M_B = 6EI/l^2$ .
5.			$R_A = \frac{11P}{16}$ ; $R_B = \frac{5P}{16}$ ; $M_A = 3pl/16$ ; $M_k = 5pl/32$ .
6.			$M_B = M_K = \frac{Pl}{8}$ ; $M_A = -\frac{Pl}{8}$ ; $R_A = R_B = \frac{P}{2}$
7.			$M_A = -\frac{ql^2}{8}$ ; $R_A = \frac{5}{8}ql$ ; $R_B = \frac{3}{8}ql$ .
8.			$M_A = -M_B = -\frac{ql^2}{12}$ ; $R_A = R_B = \frac{ql}{2}$ ; $M_K = \frac{ql^2}{24}$ .

### 1. Kanonik tenglama ko'effitsientlari va ozod hadlarini aniqlash va ularni tekshirish.

Kanonik tenglamalarning ko'effitsientlari va ozod hadlari aniqlanadi. Buning uchun rama asosiy sistemasida birlik ko'chishlar va tashqi yuklar ta'siridan hosil bo'ladigan moment epyuralari quriladi. Bu moment epyuralari 32.1 jadvaldagi yakka sterjenlarning tayyor moment epyuralaridan foydalanib chiziladi. So'ngra kanonik tenglama ko'effitsientlari va ozod hadlari kinematik yoki statik usullardan foydalanib topiladi. Kinematik usul moment epyuralarini ko'paytirishga asoslangan bo'lib, Vereshchagin qoidasiga binoan aniqlanadi, ya'ni kanonik tenglama ko'effitsientlari:

$$r_{ik} = \sum \int \frac{\bar{M}_i \bar{M}_k}{EI} dx \quad (32.9) \quad \text{formula yordamida aniqlansa, ozod hadlari } R_{ip} = -\sum \int \frac{\bar{M}_i \bar{M}_p^0}{EI} dx$$

formulaga asosan topiladi.

Statik usulda kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlarini aniqlash asosiy sistemaga qurilgan moment epyurasidan har bir bog'lanishlarni kesib olib, uning uchun statika muvozanat tenglamalarini tuzishga asoslangan. Ushbu usul hisoblashni ancha osonlashtiradi.

**Kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlari to'g'ri topilganligi tekshiriladi.**

a) Kanonik tenglama koeffitsientlarini tekshirish uchun universal tekshirish o'tkaziladi.

$$r_{ss} = \sum \int \frac{\bar{M}_s^2}{EI} dx = \sum r, \quad (32.10)$$

bu erda  $\bar{M}_s$  birlik moment epyuralarining yig'indisi:  $\bar{M}_s = \bar{M}_1 + \bar{M}_2 + \dots + \bar{M}_n$

$\sum r$  - birlik reaksiyalarning yig'indisi:  $\sum r = r_{11} + r_{22} + \dots + r_{nn} + 2(r_{12} + r_{13} + \dots + r_{n-1,n})$

Agar ushbu tekshirish bajarilmasa, u holda kanonik tenglamaning koeffitsientlarini qatorlab tekshirish mumkin.

$$\begin{aligned} \sum r_1 &= r_{11} + r_{12} + \dots + r_{1n} = \sum \int \frac{\bar{M}_1 \bar{M}_s}{EI} dx, \\ \sum r_2 &= r_{21} + r_{22} + \dots + r_{2n} = \sum \int \frac{\bar{M}_2 \bar{M}_s}{EI} dx, \\ &\dots \\ \sum r_n &= r_{n1} + r_{n2} + \dots + r_{nn} = \sum \int \frac{\bar{M}_n \bar{M}_s}{EI} dx. \end{aligned} \quad (32.11)$$

Qatorlab tekshirishni statik usul yordamida o'tkazish hisoblashni osonlashtirishi mumkin. Ushbu holda kanonik tenglamaning birinchi qatoridagi koeffitsientlarning yig'indisi  $\sum r_1$  birlik moment epyuralari yig'indisi  $\bar{M}_s$  epyuraning birinchi bog'lanishidagi momentlarning yig'indisiga teng bo'lib, shu tugun muvozanatidan aniqlanadi. Shu tartibda kanonik tenglamaning qolgan qatorlaridagi koeffitsientlar tekshiriladi.

b) *kanonik tenglama ozod hadlarini tekshirish maqsadida ustun tekshirish o'tkaziladi*  $R_{sp} = R_{1p} + R_{2p} + \dots + R_{np} = -\sum \int \frac{\bar{M}_s \bar{M}_p^0}{EI} dx, \quad (32.12)$

bu erda  $\bar{M}_p^0$  - statik aniq ramaga tashqi yukdan qurilgan moment epyurasi.

Kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlari to'g'ri ekanligi tekshirilgandan so'ng, ular kanonik tenglamaga qo'yilib echiladi va noma'lum  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$  ko'chishlar miqdori aniqlanadi.

## 2. Yakuniy eguvchi moment, ko'ndalang va bo'ylama kuch epyuralarin chizish hamda ularni tekshirish.

Ramaning ixtiyoriy kesimidagi eguvchi moment quyidagi formula orqali aniqlanadi  $M_x = M_p + \bar{M}_1 Z_1 + \bar{M}_2 Z_2 + \dots + \bar{M}_n Z_n, \quad (32.13)$

bu erda  $\bar{M}_1 Z_1, \bar{M}_2 Z_2, \dots, \bar{M}_n Z_n$  epyuralar tuzatilgan moment epyuralari deyiladi. Demak, ramada yakuniy eguvchi moment epyurasi tuzatilgan moment epyuralarining xarakterli kesimlari ordinatalarini tashqi yuk moment epyurasi shu kesimlariga mos keluvchi ordinatalariga qo'shish orqali chiziladi. Moment epyuralar ramaning cho'zilgan tolalari tomonida quriladi.

Yakuniy  $M_x$  eguvchi moment epyurasini tekshirish uchun statik tekshirish o'tkaziladi. Ushbu tekshirishda ramaning tugunlari qirqib olinadi va ularga qolgan qismining ta'sirini tegishli moment zo'riqishlari bilan almashtiriladi. Har bir tugun uchun muvozanat shartlari yoziladi. Chunki ramaning

har bir tuguni muvozanatda bo'lishi shart. Ko'chishlar usulida ramaning eguvchi moment epyurasini statik tekshirish zaruriy bo'lishi bilan birgalikda etarli bo'la oladi. Bu usulda deformatsion tekshirish o'tkazish shart emas.

Ramaning ko'ndalang va bo'ylama kuch epyuralarini chizish hamda uni umumiy statik tekshirish kuchlar usulidagidek bajariladi.

### **9. Statik noaniq ramalarni tashqi yuklar ta'siriga ko'chishlar usuli bilan hisoblash tartibi.**

Tashqi yuklar ta'siriga statik noaniq ramalarni ko'chishlar usuli bilan hisoblash quyidagi tartibda bajariladi.

1. Berilgan ramaning kinematik noaniqlik darajasi aniqlanadi.
2. Rama uchun ko'chishlar usuli asosiy sistemasi tanlanadi.
3. Ko'chishlar usuli kanonik tenglamasi tuziladi.
4. Birlik va tashqi yuk eguvchi moment epyuralari quriladi.
5. Kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlari aniqlanadi.
6. Kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlari tekshiriladi.
7. Kanonik tenglama echilib, kiritilgan bog'lanishlardagi noma'lum ko'chishlar topiladi va tuzatilgan eguvchi moment epyuralari quriladi.
8. Yakuniy eguvchi moment  $M_x$  epyurasi chiziladi va tekshiriladi.
9. Ko'ndalang kuch  $Q_x$  epyurasi quriladi.
10. Bo'ylama kuch  $N_x$  epyurasi quriladi.
11. Umumiy statik tekshirish o'tkaziladi.

### **Ma'ruzani mustahkamlash uchun savollar.**

1. Ko'chishlar usuli mohiyatni ayting?
2. Ko'chishlar usulining noma'lumlari qanday aniqlanadi?
3. Ramani burchakli va chiziqli ko'chishlari qanday aniqlanadi?
4. Ko'chishlar usulining asosiy sistemasi qanday tanlanadi?
5. Ko'chishlar usulining asosiy sistemasi deb nimaga aytiladi?
6. Ko'chishlar usulining kanonik tenglamasi deb nimaga aytiladi?
7. Ko'chishlar usulining kanonik tenglamasini yozing?
8. Kanonik tenglama koeffitsientlariva ozod hadlari nimani ifodalaydi?
9. Bir oraliqli statik noaniq balka reaksiyalarini qanday aniqlanadi?
10. Birlik reaksiyalarning o'zaro bog'lanishi haqida teoremani ayting?
11. Birlik reaksiyalarning o'zaro bog'lanishi haqida teoremani yozing?
12. Birlik reaksiya bilan birlik ko'chishning o'zaro bog'lanish teoremasini ayting?
13. Birlik reaksiya bilan birlik ko'chishning o'zaro bog'lanish teoremasini yozing?
14. Bir uchi qistirib mahkamlangan, ikkinchi uchi sharnirli mahkamlangan sterjenni reaksiyalari qanday aniqlanadi?
15. Ikkala uchi ham qistirib mahkamlangan sterjenni reaksiyalari qanday aniqlanadi?
16. Kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlari qanday aniqlanadi?
17. Kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlari qanday tekshiriladi?
18. Ramani ixtiyoriy kesimidagi eguvchi moment qanday aniqlanadi?
19. Yakuniy eguvchi moment moment epyurasi qanday tekshiriladi?

# 1 – Laboratoriya mashg‘uloti

## Po‘lat namunani cho‘zilishga sinash

Ishdan ko‘zda tutilgan maqsad:

*Po‘lat namunaning cho‘zilish diagrammasini hosil qilish va po‘latning mexanik xarakteristikalarini aniqlash.*

### Namunaning chizmasi.

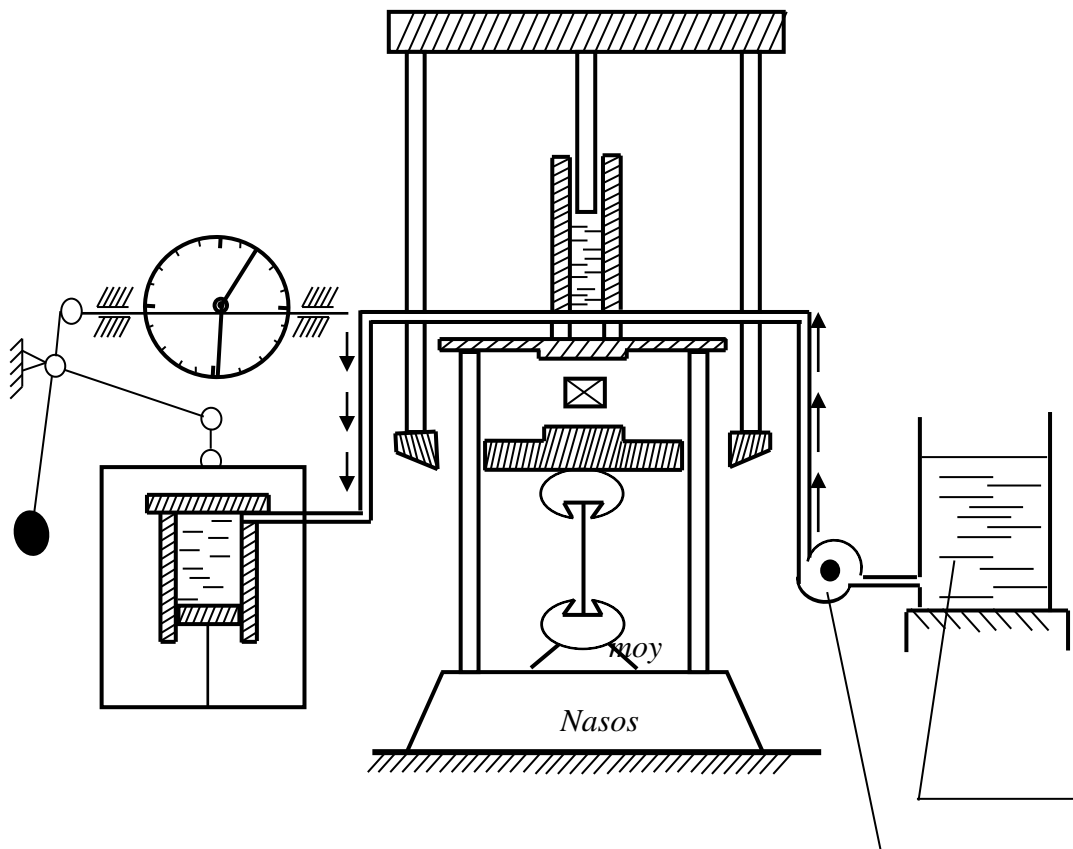
a)

b)



Tajribauniversal gidravlik mashinalarda bajariladi. Tajribanigidravlik presslarda bajarilganda namunani mahkamlovchi moslamalardanfoydalaniladi.

### Universal gidravlik mashinaning sxemasi

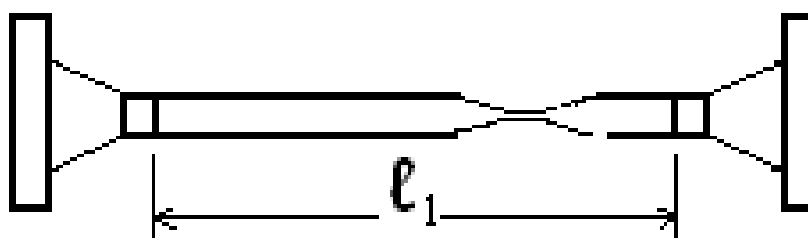


### Sinalayotgan namunaning o'lchamlari

Nomlanishi	Tajribadan avval	Tajribadan so'ng
Namuna diametri (mm)	$d=$	$d_1=$
Hisobiy uzunligi (mm)	$\ell=$	$\ell_1=$
Ko'ndalang kesim yuzasi(mm <sup>2</sup> )	$F=$	$F_1=$
Hisobiy qismining hajmi(mm <sup>3</sup> )	$V=$	

Izoh:  $d_1$  va  $F_1$  namunaning uzilgan kesimidan olinadi.

### Namunaning tajribadan keyingi holati



### CHO'zilish diagrammasi



St 3 - 3800-4700 kg/sm<sup>2</sup>

### Tajriba natijalarini ishlab chiqish

YUK	R (kg)	Kuchlanish	$\sigma$ (Pa)
Praporsionallik chegarasiga moskeluvchi	$R_{ng}=$	Praporsionallik chegarasi	$b_{ns}=$
Oqish chegarasiga mos keluvchi	$P_{oq}=$	Oqish chegarasi	$b_{oq.}=$
Mustahkamlik chegarasiga mos keluvchi	$P_m=$	Vaqtincha qarshilik	$b_m=$
Uzilish daqiqasiga mos keluvchi	$P_{uz} =$	Uzilish daqiqasidagi soxta kuchlanish	$\sigma_{y3}^{\phi} =$
		Uzilish daqiqasidagi xaqiqiy kuchlanish	$b_{uz}=$



### Plastiklik xarakteristikalarini aniqlash

Nomlanishi	Son qiymatlari
Nisbiy qoldiq uzayish	$\delta = \frac{\Delta \ell}{\ell} \cdot 100\% =$
Nisbiy qoldiq ingichkalanish	$\Psi = \frac{F - F_1}{F} \cdot 100\% =$

Namunani uzish uchun sarflangan to'la ish:

$$A = \frac{1}{3} \cdot \Delta \ell \cdot (P_1 + 2P_B) =$$

bu erda,  $\Delta \ell_o$  – haqiqiy qoldiq deformatsiya

Solishtirma ish:  $a = \frac{A}{V} =$

**Xulosa:**

---

---

---

---

---

---

## 2 – Laboratoriya mashg‘uloti Po‘latning elastiklik modulini aniqlash

Ishdan ko‘zda  
tutilgan maqsad:

*Po‘latning elastiklik moduli(E)ni tajriba  
yo‘li bilan aniqlash.*

Tajriba gidravlik yoki vintli sinash mashinalarida bajariladi.

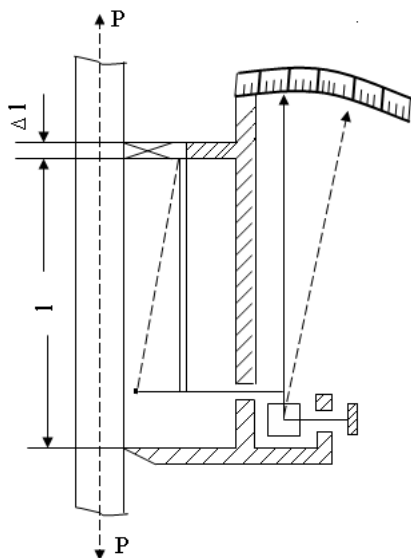
*Namunakesimining o‘lchamlari:*

Hisobiy uzunligi  $\ell = \underline{\hspace{2cm}}$  (mm), eni  $b = \underline{\hspace{2cm}}$  (mm),  
qalinligi  $t = \underline{\hspace{2cm}}$  (mm).

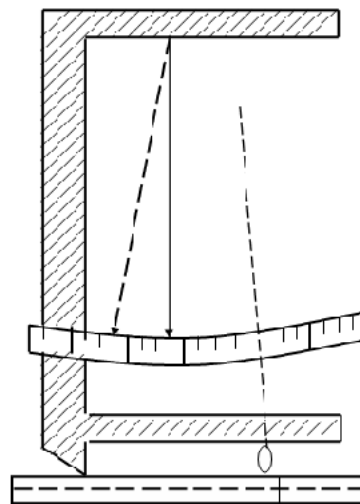
Ko‘ndalang kesimining yuzi  $F = \underline{\hspace{2cm}}$  (mm<sup>2</sup>).

### O‘lchash asboblarning sxemalari

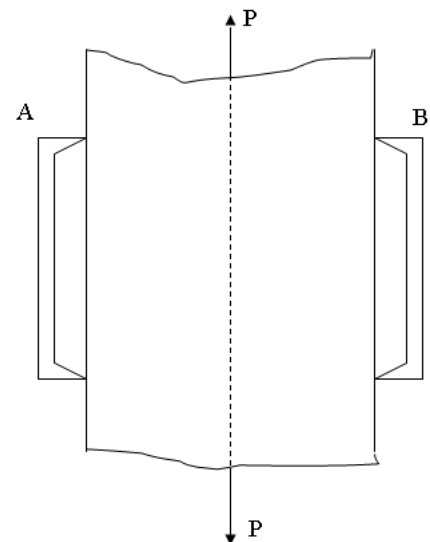
MIL tenzometri



Richagli tenzometr



Namunaga tenzometrni o‘rnatish



### Kuzatishlar jadvali

Yuklanish tartibi	Yuk	Yuk orttirmasi	Tenzometrda olingan sanoq	
			Tenzometr ko'rsatkichidan olingan sanoq (T)	O'lchashlar ayirmasi ( $\Delta T$ )
1	100			
2	200			
3	300			
4	400			
5	500			
6	600			
				$\Delta T_{\check{y}p} =$

$$\Delta \ell_{\check{y}p} = \frac{\Sigma \Delta T_{\check{y}p}}{K}$$

bu erda, K - tenzometr shkalasining keltirish koeffitsienti (K=1000).

Elastiklik moduli  $E = \frac{P \cdot \ell}{K \cdot \Delta \ell_{\check{y}p}}$

**Xulosa:**

---



---



---



---



---

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ y.

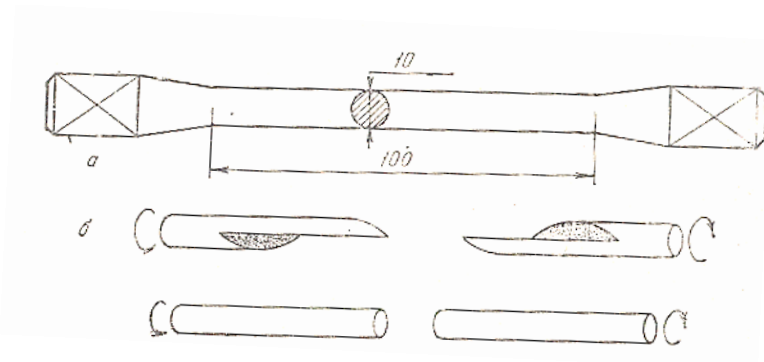
Ishni bajardi: \_\_\_\_\_

Ishni qabul qildi: \_\_\_\_\_

### 3-laboratoiya mashg'uloti. Doira kesimli sterjenni buralishga sinash.

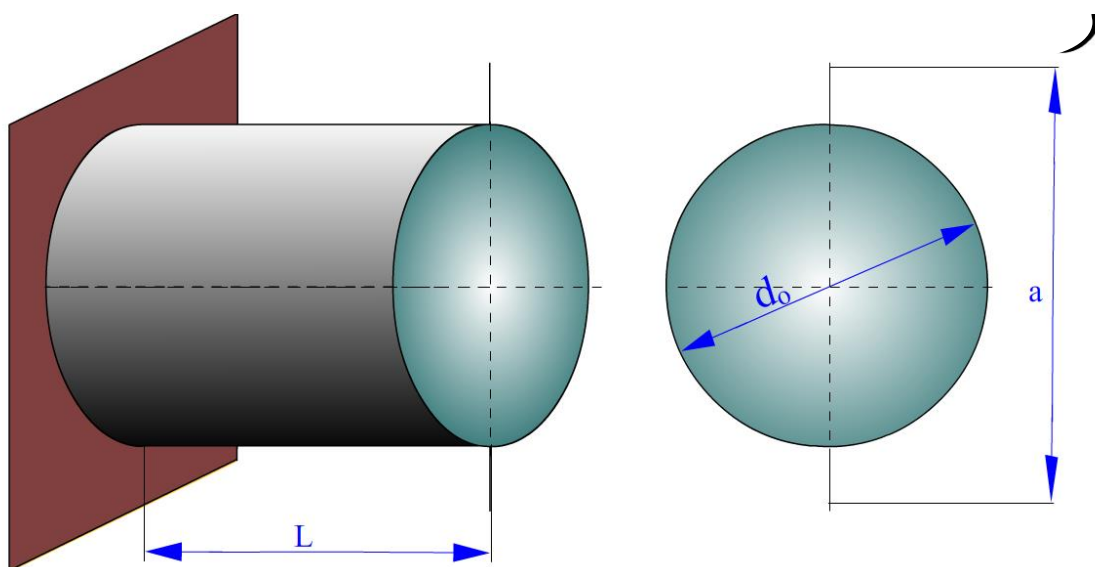
**Ishdan ko'zda tutilgan maqsad.** Doira kesimli sterjenga ta'sir qilayotgan yuk bilan uning deformatsiyasi orasidagi bog'lanishni o'rganish hamda siljishdagi elastik moduli qiymatini tajriba yo'li bilan aniqlash.

#### Tajribada ishlatiladigan namunaning chizmasi.



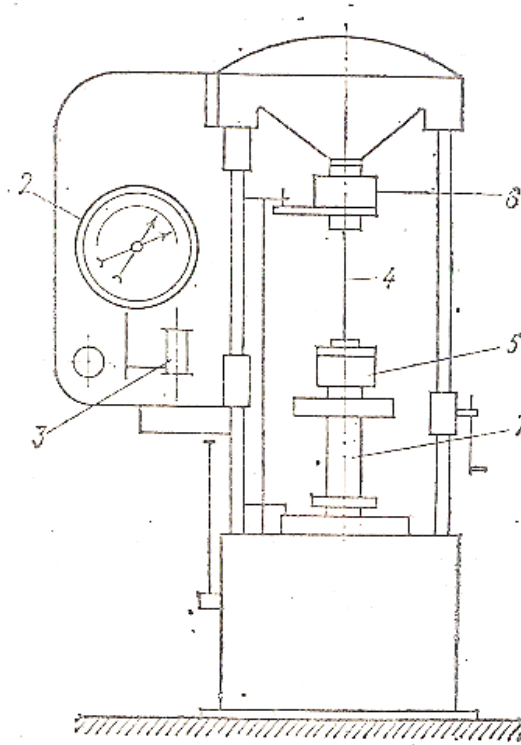
a) namunaning tajribadan oldingi ko'rinishi; b) cho'yan namunaning emirilishi; v) po'lat namunaning emirilishi.

#### Kam uglerodli po'latlardan tayyorlanadigan ko'ndalang kesimi

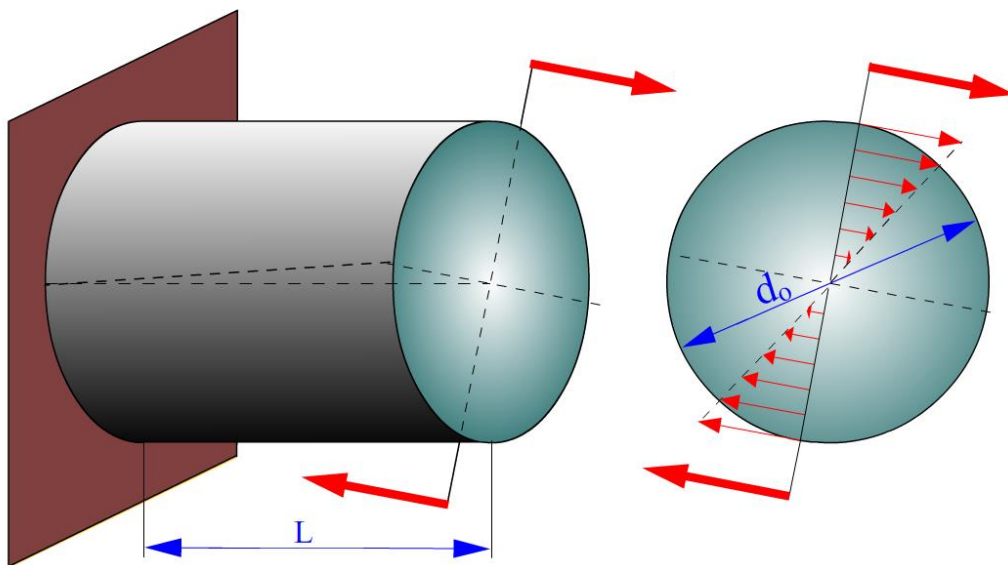


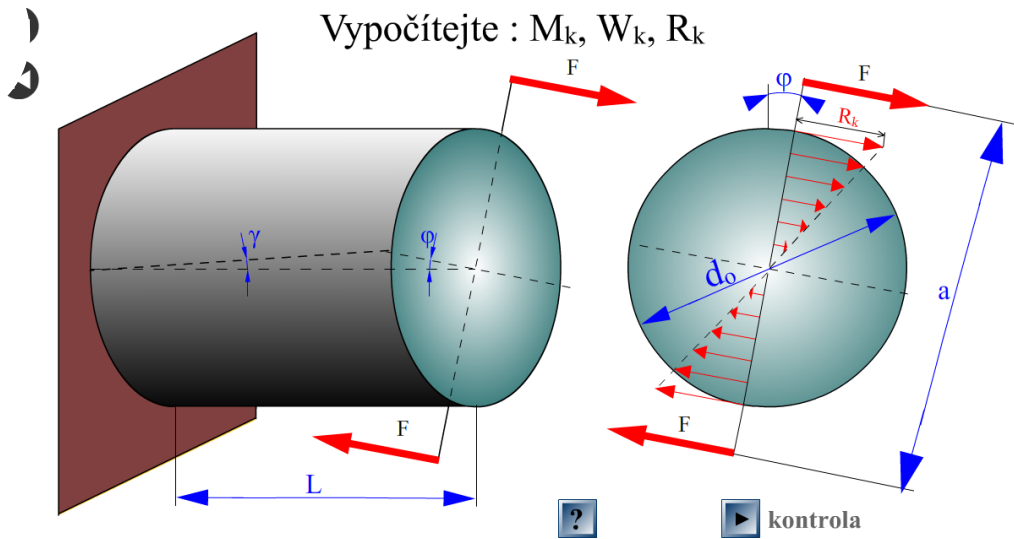
## Tajribada ishlatiladigan mashina

Tajriba K 50-1 markali mashinada bajariladi. Bu mashinada namunaga 500 Nm gacha burovchi moment ta'sir ettirish mumkin.

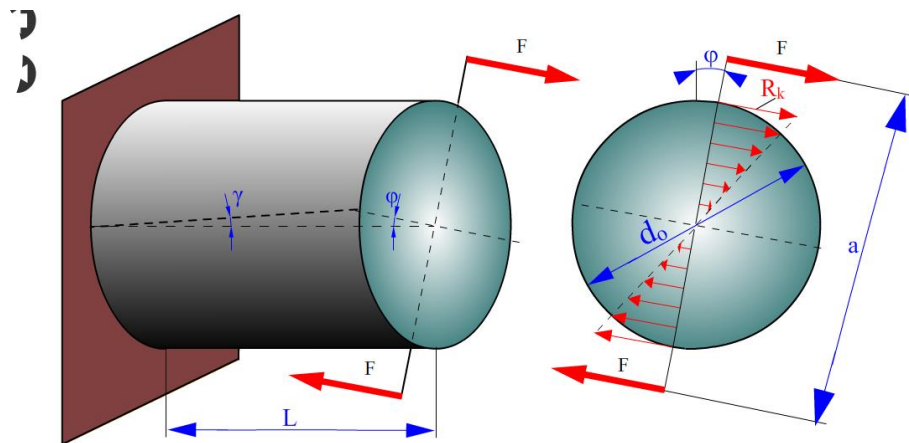


1-tezlikni o'zgartirib beruvchi quti; 2-namunaga ta'sir qilayotgan burovchi momentning miqdorini ko'rsatib beruvchi mexanizm; 3-diagramma chiziladigan baraban; 4-namuna; 5-qo'zg'aluvchan qisqich; 6-qo'zg'almas qisqich; 7-vint.





$F =$   N     $M_k =$    
 $a =$   mm     $W_k =$    
 $d_o =$   mm     $R_k =$



Kroučící moment:

$$M_k = F \cdot a \quad (\text{N}\cdot\text{mm})$$

Napětí v krajním vlákne:

Modul průřezu v krutu:

$$W_k = \frac{\pi \cdot d_o^3}{16} \quad (\text{mm}^3)$$

$$R_k = \frac{M_k}{W_k} \quad (\text{MPa})$$

**Xulosa:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ y.

Ishni bajardi: \_\_\_\_\_

Ishni qabul qildi: \_\_\_\_\_

## 4 - Laboratoriya ishi

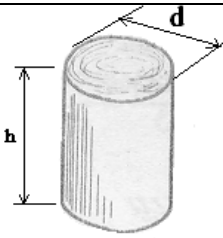
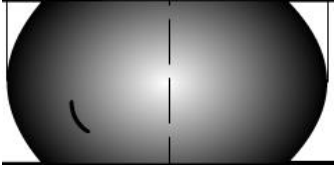
### Pulat materialni siqilishga sinash

Ishdan ko'zda tutilgan maqsad:

*Plastik, mo'rt va anizotrop materiallarning siqilish deformatsiyasiga qarshilik ko'rsatish xususiyatlarini o'rganish hamda ularning mustahkamlik chegarasini aniqlash.*

Tajribalar birinchi va ikkinchi ishlarda foydalanilgan universalgidravlik yoki vintli mashinalarda, presslarda bajariladi.

### Po'latni siqilishga sinash

Tajribadan avval		Tajribadan so'ng namunaning buzilish shakli
Namunaning sxemasi	Namunaning o'lchamlari	
	$d =$ _____ <i>mm</i>	
	$h =$ _____ <i>mm</i>	
	$F =$ _____ <i>mm<sup>2</sup></i>	

Tajriba natijalari:

Proporsionallik chegarasiga mos kelgan yuk  $R_{pr} =$

Oqish chegarasiga mos kelgan yuk  $R_{oq} =$

Oqish chegarasi  $\sigma_{oq} =$

**Xulosa:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ y.

Ishni bajardi: \_\_\_\_\_

Ishni qabul qildi: \_\_\_\_\_

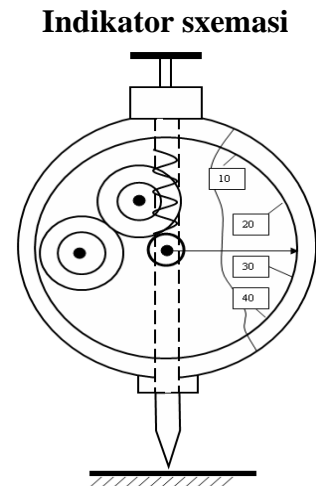
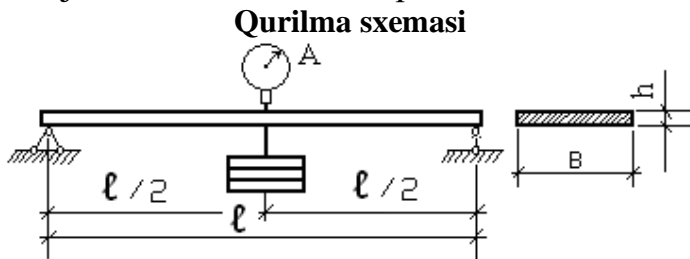
## 5-6 Laboratoriya ishi

### Egilishda balkaning deformatsiyalarini aniqlash

Ishdan ko'zda tutilgan maqsad: *Balka kesimlaridagi ko'chishlarni tajribada aniqlash va ularni nazariy usullar asosida olingan natijalar bilan taqqoslash.*

a) Ikki tayanchli balka oralig'ining o'rtasidagi salqiligini aniqlash.

Tajriba **SM-4A** maxsus qurilmada o'tkaziladi.



Izoh: Indikator bir bo'lagining bahosi 0,01 mm.

Balka ko'ndalang kesimining eni	$v =$
Ko'ndalang kesimning balandligi	$h =$
Ko'ndalang kesimning inersiya momenti	$J =$
Balka materialining elastiklik moduli	$E =$
Balka tayanchlari oralig'i	$l =$

### Kuzatishlar jadvali

Yuklanish tartibi	Yuk R, kg	Yuk orttirmasi $\Delta R$ , kg	Indikator ko'rsatkichidan olingan sanoq (A), mk	O'lchashlar ayirmasi ( $\Delta A$ ), mk
1	10			
2	20			
3	30			
4	40			
5	50			



				$\Delta A_{o'rt} =$
--	--	--	--	---------------------

Tajribadan olingan ko'chish

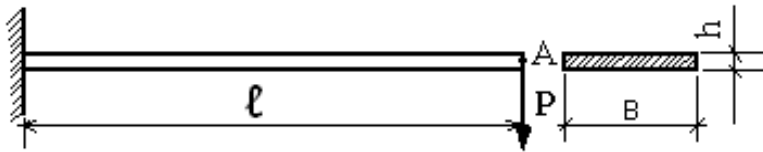
$$\Delta U_{\max} = \Delta A_{o'rt} =$$

Nazariy formula asosida aniqlangan ko'chish

$$\Delta y_{\max}^H = \frac{\Delta P \cdot \ell^3}{48EJ} =$$

**b) Konsol balkaning erkin uchidagi salqiligini aniqlash**

*Maxsus qurilma*



Balkaning ko'ndalang kesimi eni  $v =$

Ko'ndalang kesimning balandligi

$h =$

Ko'ndalang kesimning inersiya momenti

$J =$

Balka materialining elastiklik moduli

$E =$

Balkaning uzunligi  $\ell =$

### Kuzatishlar jadvali

YUklanish tartibi	YUk R, kg	YUk orttirmasi $\Delta R$ , kg	Indikator ko'rsatkichidan olingan sanoq (A), mk	O'lchashlar ayirmasi ( $\Delta A$ ), mk
1				
2				
3				
4				
5				
				$\Delta A_{o'rt} =$

Tajribadan olingan ko'chish

$$U_{\max} = \Delta A_{o'rt} =$$

Nazariy formula asosida aniqlangan ko'chish

$$y_{\max}^H = \frac{\Delta P \cdot \ell^3}{3EJ} =$$

Tajribalar	Aniqlangan ko'chishlarning qiymatlari		Farqi % da
	Nazariy qiymat	Tajriba qiymati	
A			
B			

Xulosa \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ y.

Ishni bajardi: \_\_\_\_\_

Ishni qabul qildi: \_\_\_\_\_

## 7 – Laboratoriya ishi

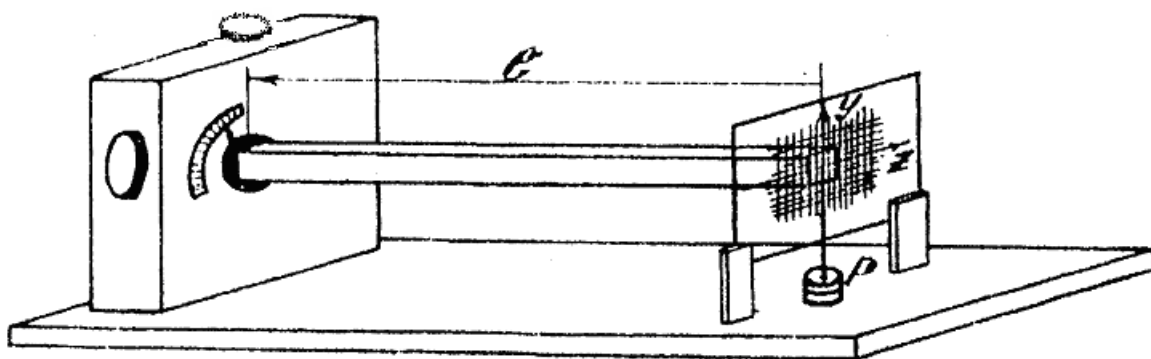
### Konsol balkaning qiya egilishdagi deformatsiyalarini aniqlash

Tajribadan ko‘zda tutilgan maqsad:

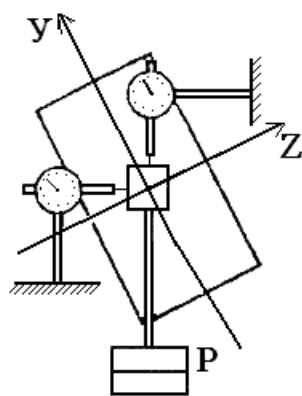
*Qiya egilishda balkaning ko‘chishlarini tajribada aniqlash hamda ularni nazariy usulda aniqlangan qiymatlar bilan solishtirish.*

Tajriba maxsus qurilmada o‘tkaziladi. Qurilmaning sxemasi quyida keltirilgan.

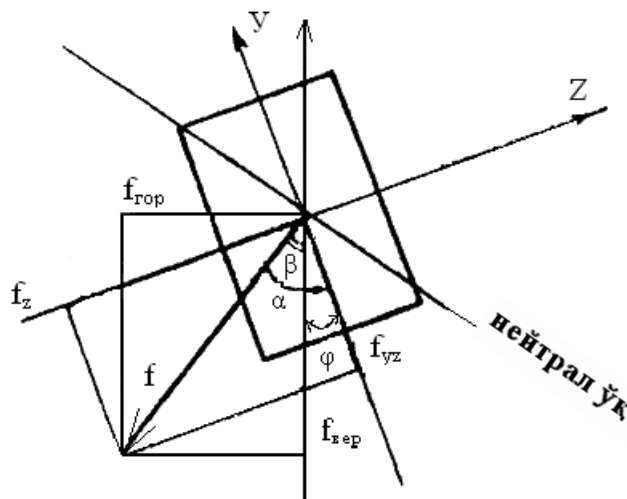
#### Qurilma sxemasi



Qurilmada balkaning uchidagi ko‘chishlar soatsimon indikatorlar vositasida o‘lchanadi (1-shakl).



1-шакл



Balkaning uzunligi

$\ell =$

Ko‘ndalang kesimning eni

$b =$

Ko‘ndalang kesimning balandligi

$h =$

Ko‘ndalang kesimning inersiya momenti

$J =$

Balka materialining bo‘ylama elastiklik moduli  $E =$

Kuch yo‘nalishining balka bosh (vertikal) o‘qi

$\varphi =$

bilan hosil qilgan burchagi

## Kuzatishlar jadvali

№	YUk	Indikatorlarning ko'rsatishi			
		vertikal ko'chish		gorizontal ko'chish	
		qiymati $f_{ver}$	Orttirmasi $\Delta f_{ver}$	qiymati $f_{gor}$	Orttirmasi $\Delta f_{gor}$
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
O'rtacha ko'chishlar orttirmasi			$\Delta f_{\text{ver}}^{\check{y}pt} =$	$\Delta f_{\text{gor}}^{\check{y}pt} =$	

$$\Delta f = \sqrt{(\Delta f_{\text{ver}}^{\check{y}pt})^2 + (\Delta f_{\text{gor}}^{\check{y}pt})^2} =$$

Kuch va egilish tekisligi orasidagi burchak

$$\text{tg}\beta = \frac{\Delta f_{\text{gor}}^{\check{y}pt}}{\Delta f_{\text{ver}}^{\check{y}pt}} =$$

$$\beta^{(t)} =$$

Nazariy usul bilan balkadagi ko'chishlarni aniqlash

$$\Delta f_{\text{ver}} = \frac{\Delta P \cdot \sin \varphi \cdot \ell^3}{3EJ} =$$

$$\Delta f_{\text{gor}} = \frac{\Delta P \cdot \cos \varphi \cdot \ell^3}{3EJ} =$$

$$\Delta f_{\text{tўла}}^H = \sqrt{(\Delta f_{\text{ver}}^{\check{y}pt})^2 + (\Delta f_{\text{gor}}^{\check{y}pt})^2} =$$

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\Delta f_{\text{rop}}^{\text{ўpr}}}{\Delta f_{\text{вер}}^{\text{ўpr}}} =$$

$$\beta^{(n)} =$$

Nazariy va tajriba usullari bilan aniqlangan ko'chishlar va burchaklarning farqi

$$R = \frac{\Delta f_{\text{ўла}}^{\text{H}} - \Delta f_{\text{ўла}}^{\text{T}}}{\Delta f_{\text{ўла}}^{\text{T}}} \cdot 100\% =$$

$$\delta = \frac{\beta^{\text{H}} - \beta^{\text{T}}}{\beta^{\text{H}}} \cdot 100\% =$$

**Xulosalar:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ y.

Ishni bajardi: \_\_\_\_\_

Ishni qabul qildi: \_\_\_\_\_

## 8 – Laboratoriya ishi

### Po‘lat materialini kesilishga sinash. Mustahkamlik chegaralarini aniqlash

#### Yumshoq po‘latni kesilish deformatsiyasiga sinash

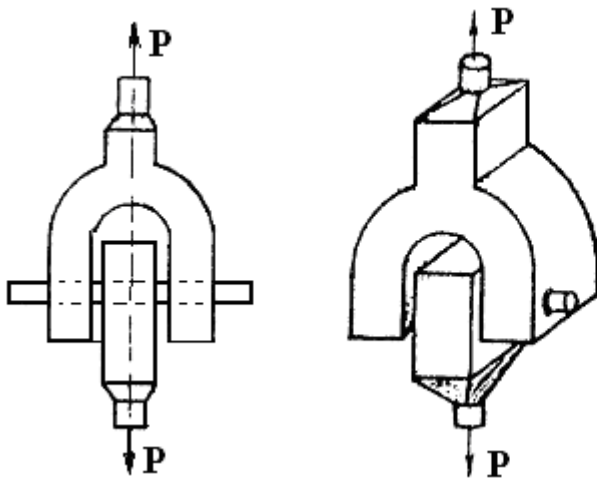
Ishdan ko‘zda  
tutilgan maqsad:

*yumshoq po‘latni kesilishga bo‘lgan  
mustahkamlik chegarasini aniqlash.*

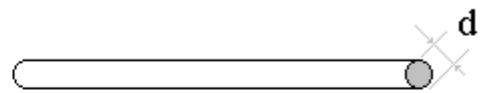
Tajriba universal gidravlik mashinalarda bajariladi.

Namunani o‘rnatuvchi  
moslama

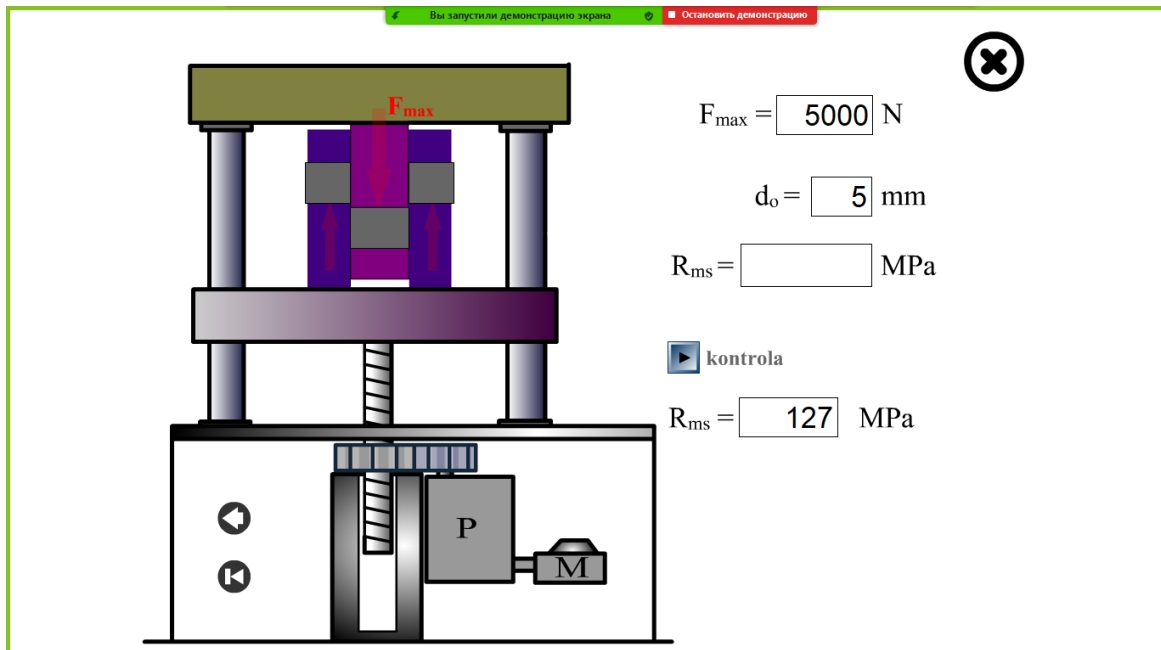
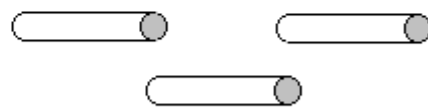
Namuna



Тажрибадан аввал



Тажрибадан сўнг



Kesuvchi kuch:  $R_{kes} =$

Kesilish daqiqasiga mos keluvchi urinma kuchlanish

$$\tau = \frac{P_{\text{kec}}}{F} =$$

Natijalar jadvali

Tajribalar	Kesilish, siljish yuzasi, $F$ (mm <sup>2</sup> )	Namuna qarshilik ko'rsata oladigan eng katta kuch, $R$ (kg)	Shartli mustahkamlik chegarasi
Po'latini kesilishga sinash			

**Xulosalar:** \_\_\_\_\_ -

---

---

---

---

---

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ y.

Ishni bajardi: \_\_\_\_\_

Ishni qabul qildi: \_\_\_\_\_

## 8-AMALIY MASHG'ULOTLAR

### MAVZU: KO'P ORALIQLI STATIK ANIQ BALKALARNI QO'ZG'ALMAS YUKLAR TA'SIRIGA HISOBLASH

#### Reja:

1. Ko'p oraliqli statik aniq balkani kinematik tahlil qilish.
2. Ko'p oraliqli balkaning qavatli tarhi tuzish.
3. Balka sterjenlari kesimlaridagi ichki zo'riqishlarni aniqlash va ularni tekshirish.

Ko'zg'almas tashqi yuklar ta'sirida bo'lgan ko'p oraliqli sharnirli balkalarni hisoblashni quyidagi misolda ko'ramiz.

*Misol. 3.1-rasm, a da tasvirlangan qo'zg'almas tashqi yuklar ta'siridagi ko'p oraliqli sharnirli balka uchun eguvchi moment va ko'ndalang kuch epyuralari analitik usuda chizilsing.*

#### Yechish:

##### 1. Ko'p oraliqli statik aniq balkani kinematik tahlil qilish.

Berilgan balkani kinematik tahlil qilish uchun, avvalo quyidagi formula yordamida balkadagi sharnirlar sonini aniqlaymiz:

$$SH = S_T - 3 = 6 - 3 = 3.$$

Ko'p oraliqli balkada 3 ta sharnir mavjud bo'lib, ular sharnirlarni joylashtirish qoidasiga muvofiq joylashtirilgan. Demak, ko'p oraliqli sharnirli balka geometrik o'zgaras bo'lib, statik aniq ekan.

##### 2. Ko'p oraliqli balkaning qavatli tarhi tuzish.

Balka elementlarining o'zaro bog'lanishi qavatlar tarhi 4.1-rasm, b da ko'rsatilgan bo'lib, unda asosiy, yordamchi va osma balkalar belgilab ko'rsatilgan.

##### 3. Balka sterjenlari kesimlaridagi ichki zo'riqishlarni aniqlash va ularni tekshirish.

1) *Yuqorida ko'rsatib o'tganimizdek hisoblash osma  $SH_1SH_2$  balkadan boshlanadi.* Avvalo balkaning tayanch reaksiyalarini aniqlaymiz (3.1-rasm, b).

$$\sum M_{III1} = -R_{III2} \cdot 4 + q \cdot 4 \cdot 2 = 0, \text{ bundan } R_{III2} = 4 \text{ kN.}$$

$$\sum M_{III2} = R_{III1} \cdot 4 - q \cdot 4 \cdot 2 = 0, \text{ bundan } R_{III1} = 4 \text{ kN.}$$

$$\text{Tekshirish: } \sum Y = R_{III1} + R_{III2} - q \cdot 4 = 4 + 4 - 2 \cdot 4 = 0.$$

Demak, tayanch reaksiyalar to'g'ri topilgan. Oddiy kesimlar usulidan foydalanib,  $M_x$ ,  $Q_x$  zo'riqishlar uchun tenglamalarni tuzamiz (3.1-rasm, v):

$$M_{x_1} = R_{III1} \cdot x_1 - q \frac{x_1^2}{2} = 4 \cdot x_1 - x_1^2; \quad Q_{x_1} = R_{III1} - q \cdot x_1 = 4 - 2 \cdot x_1,$$

$$0 \leq x_1 \leq 4 \text{ m} \quad \text{oraliqda o'zgaradi}$$

Agar  $x_1 = 0$  bo'lsa,  $M_{x_1} = 0$ ;  $Q_{x_1} = 4 \text{ kN}$ ;

$$x_1 = 2 \text{ m. bo'lsa, } M_{x_1} = 4 \text{ kNm}; \quad Q_{x_1} = 0;$$

$$x_1 = 4 \text{ m. bo'lsa, } M_{x_1} = 0; \quad Q_{x_1} = -4 \text{ kN};$$



Bu topilgan ordinatalar asosida  $M_X$  va  $Q_X$  epyuralari chiziladi. Eguvchi moment epyura parabola qonuni bilan o'zgaradi (4.1-rasm, v).

2) **Yordamchi SH<sub>3</sub>E balkani hisoblash.** Balkaning tayanch reaksiyalarini aniqlaymiz.

$$\sum M_{III3} = -R_E \cdot 5 + P_2 \cdot 7 + q \cdot 5 \cdot \frac{5}{2} = 0, \quad \text{bundan} \quad R_E = \frac{35 + 12.5}{5} = 9.5 \text{ kN}.$$

$$\sum M_E = R_{III3} \cdot 5 - q \cdot 5 \cdot \frac{5}{2} + P_2 \cdot 2 = 0, \quad \text{bundan} \quad R_{III3} = \frac{12.5 - 10}{5} = 0.5 \text{ kN}.$$

$$\text{Tekshirish: } \sum Y = R_{III3} + R_E - q \cdot 5 - P_2 = 0.5 + 9.5 - 1 \cdot 5 - 5 = 0.$$

Balkani oraliqlarga bo'lib,  $M_x$  va  $Q_x$  uchun tenglamalar tuzamiz (4.1-rasm, g).

Birinchi oraliq  $0 \leq x_1 \leq 5 \text{ m}$ :

$$M_{x_1} = R_{III3} \cdot x_1 - q \cdot \frac{x_1^2}{2} = 0.5 \cdot x_1 - \frac{x_1^2}{2}; \quad Q_{x_1} = R_{III3} - q \cdot x_1 = 0.5 - x_1.$$

Agar  $x_1 = 0$  bo'lsa,  $M_{x_1} = 0$ ;  $Q_{x_1} = 0.5 \text{ kN}$ ;

$x_1 = 5 \text{ m}$ . bo'lsa,  $M_{x_1} = -10 \text{ kNm}$ ;  $Q_{x_1} = -4.5 \text{ kN}$ .

Eguvchi moment tenglamasi ikkinchi tartibli bo'lganligi sababli, uning epyurasi parabola qonuni bilan o'zgaradi. Maksimal eguvchi momentning qiymatini aniqlash uchun eguvchi moment tenglamasidan  $x$  bo'yicha bir marta hosila olamiz va uni, yoki ko'ndalang

kuch tenglamasini nolga tenglaymiz, chunki Juravskiy teoremasiga binoan  $Q_{x_1} = \frac{dM_x}{dx}$ .

$$Q_{x_1} = 0.5 - x_1 = 0, \quad \text{bundan} \quad x_1 = 0.5 \text{ m}.$$

Demak, maksimal eguvchi momentning qiymati balkaning chap tayanchidan 0.5 m masofadagi kesimda hosil bo'ladi va uning qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$M_{\max} = 0.5 \cdot 0.5 - \frac{0.5^2}{2} = 0.25 - 0.125 = 0.125 \text{ kNm}.$$

Ikkinchi oraliq  $0 \leq x_2 \leq 2 \text{ m}$ :

$$M_{x_2} = -P_2 \cdot x_2 = -5 \cdot x_2; \quad Q_{x_2} = P_2 = 5 \text{ kH}.$$

Agar  $x_2 = 0$  bo'lsa,  $M_{x_2} = 0$ ;  $x_2 = 2 \text{ m}$  bo'lsa,  $M_{x_2} = -10 \text{ kNm}$ .

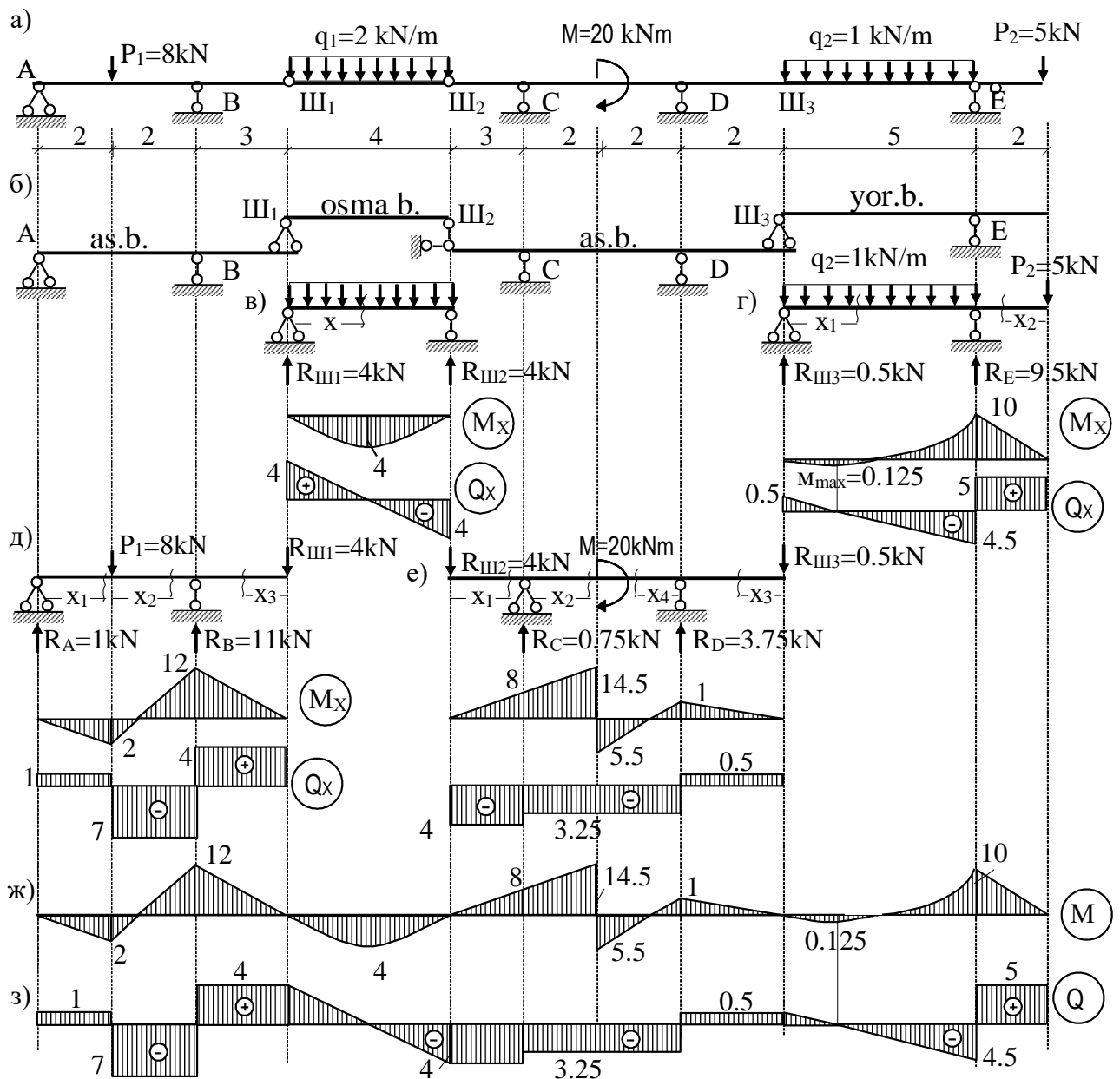
Topilgan qiymatlar asosida  $M_X$  va  $Q_X$  epyuralarini chizamiz (4.1-rasm, g).

3) **Asosiy ABSH<sub>1</sub> balkani hisoblash.** Bu balka SH<sub>1</sub> sharniriga tayangan SH<sub>1</sub>SH<sub>2</sub> osma balkaning ta'sirini R<sub>SH<sub>1</sub></sub> reaksiya (teskari yo'naltirib) orqali almashtirib, R<sub>A</sub> va R<sub>B</sub> tayanch reaksiyalarini aniqlaymiz va  $M_X$  va  $Q_X$  epyuralarini chizamiz (4.1-rasm, d).

$$\sum M_A = P_1 \cdot 2 + R_{III1} \cdot 7 - R_B \cdot 4 = 0, \quad \text{bundan} \quad R_B = \frac{16 + 28}{4} = 11 \text{ kN}.$$

$$\sum M_B = R_A \cdot 4 - P_1 \cdot 2 + R_{III1} \cdot 3 = 0, \quad \text{bundan} \quad R_A = \frac{16 - 12}{4} = 1 \text{ kN}.$$

$$\text{Tekshirish: } \sum Y = R_A + R_B - P_1 - R_{III1} = 1 + 11 - 8 - 4 = 0.$$



4.1-rasm

Birinchi oraliq ( $0 \leq x_1 \leq 2m$ ) uchun  $M_X$  va  $Q_X$  uchun tenglamalarini tuzib, ularning ordinatalarini aniqlaymiz:

$$M_{x_1} = R_A \cdot x_1 = 1 \cdot x_1; \quad Q_{x_1} = R_A = 1 \text{ kH}.$$

Agar  $x_1 = 0$  bo'lsa,  $M_{x_1} = 0$ ;  $x_1 = 2 \text{ m}$  bo'lsa,  $M_{x_1} = 2 \text{ kNm}$ .

Ikkinchi oraliq ( $0 \leq x_2 \leq 2m$ ):

$$M_{x_2} = R_A(2 + x_2) - P_1 \cdot x_2 = 2 + x_2 - 8x_2 = 2 - 7x_2.$$

$$Q_{x_2} = R_A - P_1 = 1 - 8 = -7 \text{ kH}$$

Agar  $x_2 = 0$  bo'lsa,  $M_{x_2} = 2 \text{ kNm}$ ;  $x_2 = 2 \text{ m}$  bo'lsa,  $M_{x_2} = -12 \text{ kNm}$ .

Uchinchi oraliq ( $0 \leq x_3 \leq 3m$ ):

$$M_{x_3} = -R_{III1} \cdot x_3 = -4 \cdot x_3; \quad Q_{x_3} = R_{III1} = 4 \text{ kH}.$$

Agar  $x_3 = 0$  bo'lsa,  $M_{x_3} = 0$ ;  $x_3 = 3$  m bo'lsa,  $M_{x_3} = -12$  kNm.

Topilgan qiymatlar asosida  $M_x$  va  $Q_x$  epyuralari chiziladi (4.1-rasm, d).

**4) Asosiy  $SH_2CDSH_3$  balkani hisoblash.** Balka  $SH_2$  sharniriga tayangan  $SH_1SH_2$  osma balkaning ta'sirini  $R_{SH_2}$  reaksiya (teskari yo'naltirib) orqali va  $SH_3$  sharniriga tayangan  $SH_3E$  yordamchi balkaning ta'sirini  $R_{SH_3}$  reaksiya (teskari yo'naltirib) orqali almashtirib, avvalo  $R_D$  va  $R_C$  tayanch reaksiyalarini aniqlaymiz.

$$\sum M_C = R_D \cdot 4 + R_{III3} \cdot 6 + M - R_{III2} \cdot 2 = 0, \quad \text{bundan} \quad R_D = \frac{3 + 20 - 8}{4} = 3.75 \text{ kN}.$$

$$\sum M_D = R_C \cdot 4 - R_{III2} \cdot 6 + M + R_{III3} \cdot 2 = 0, \quad \text{bundan} \quad R_C = \frac{24 - 20 - 1}{4} = 0.75 \text{ kN}.$$

$$\text{Tekshirish: } \sum Y = R_C + R_D - R_{III2} - R_{III3} = 0.75 + 3.75 - 4 - 0.5 = 0.$$

Balkani oraliqlarga bo'lib,  $M_x$  va  $Q_x$  uchun tenglamalar tuzamiz (4.1-rasm, e). Birinchi oraliq ( $0 \leq x_1 \leq 2$  m):

$$M_{x_1} = -R_{III2} \cdot x_1 = -4 \cdot x_1;$$

$$Q_{x_1} = R_{III2} = -4 \text{ kH}.$$

Agar  $x_1 = 0$  bo'lsa,  $M_{x_1} = 0$ ;  $x_1 = 2$  m bo'lsa,  $M_{x_1} = -8$  kNm.

Ikkinchi oraliq ( $0 \leq x_2 \leq 2$  m):

$$M_{x_2} = -R_{III2}(2 + x_2) + R_C \cdot x_2 = -8 - 4x_2 + 0.75x_2 = -8 - 3.25x_2.$$

$$Q_{x_2} = -R_{III2} + R_C = -4 + 0.75 = -3.25 \text{ kH}$$

Agar  $x_2 = 0$  bo'lsa,  $M_{x_2} = -8$  kNm;  $x_2 = 2$  m bo'lsa,  $M_{x_2} = -14.5$  kNm.

Uchinchi oraliq ( $0 \leq x_3 \leq 2$  m):

$$M_{x_3} = -R_{III3} \cdot x_3 = -0.5 \cdot x_3; \quad Q_{x_3} = R_{III3} = 0.5 \text{ kH}.$$

Agar  $x_3 = 0$  bo'lsa,  $M_{x_3} = 0$ ;  $x_3 = 2$  m bo'lsa,  $M_{x_3} = -1$  kNm.

To'rtinchi oraliq ( $0 \leq x_4 \leq 2$  m):

$$M_{x_4} = -R_{III3}(2 + x_4) + R_D \cdot x_4 = -1 - 0.5x_4 + 3.75x_4 = -1 - 3.25x_4.$$

$$Q_{x_4} = R_{III3} - R_D = 0.5 - 3.75 = -3.25 \text{ kH}$$

Agar  $x_4 = 0$  bo'lsa,  $M_{x_4} = -1$  kNm;  $x_4 = 2$  m bo'lsa,  $M_{x_4} = 5.5$  kNm.

$M_x$  va  $Q_x$  epyuralari 4.10-rasm, e da ko'rsatilgan.

**5) Osma, yordamchi va asosiy balkalar uchun chizilgan  $M_x$  va  $Q_x$  epyuralarni bir koordinatalar sistemasiga keltirib, ko'p oraliqli balkaning eguvchi moment ( $M$ ) va ko'ndalang kuch ( $Q$ ) epyuralarini quramiz. Bu epyuralar 4.1-rasm, j va z da ko'rsatilgan.**

## 9– AMALIY MASHG‘ULOT

### MAVZU: UCH SHARNIRLI ARKANI QO‘ZG‘ALMAS YUKLAR TA‘SIRIGA HISOBLASH.

**Reja:**

1. Arkaning tayanch reaksiya kuchlarini aniqlash.
2. Arka kesimlaridagi ichki zo‘riqish kuchlarini aniqlash.

*Misol. O‘qi parabola shaklidagi uch sharnirli arkaning k kesimidagi ichki zo‘riqish kuchlari aniqlansin (13.1-rasm).*

**Yechish: 1. Arkaning tayanch reaksiya kuchlarini aniqlash.**

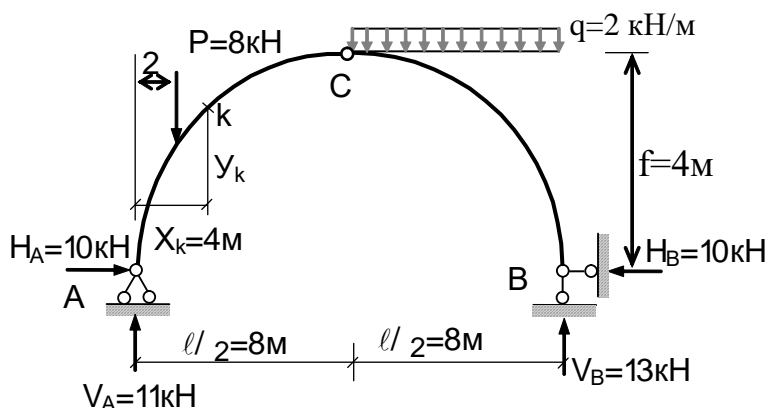
Hisobni arkaning vertikal tayanch reaksiyalarini aniqlashdan boshlaymiz.

$$\sum M_A = -V_B \cdot 16 + q \cdot 8 \cdot 12 + P \cdot 2 = 0,$$

$$\text{bundan } V_B = \frac{192 + 16}{16} = 13 \text{ kH}.$$

$$\sum M_B = V_A \cdot 16 - q \cdot 8 \cdot 4 - P \cdot 14 = 0,$$

$$\text{bundan } V_A = \frac{112 + 64}{16} = 11 \text{ kH}.$$



13.1 - rasmi

Tekshirish:

$$\sum Y = V_A + V_B - P - q \cdot 8 = 13 + 11 - 8 - 16 = 24 - 24 = 0.$$

Horizontal reaksiya kuchini aniqlaymiz.

$$\sum M_C^{\text{chap}} = V_A \cdot 8 - P \cdot 6 - N_A \cdot f = 0,$$

$$\text{bundan } H_A = \frac{88 - 48}{4} = 10 \text{ kH}.$$

Tashqi yuklar vertikal bo‘lganligi uchun  $N_A = N_B = N = 10 \text{ kN}$ .

### 2. Arka kesimlaridagi ichki zo‘riqish kuchlarini aniqlash.

Arkaning k ko‘ndalang kesimida hosil bo‘luvchi ichki kuchlarni (12.1), (12.2) va (12.3) formulalar yordamida aniqlaymiz.

Arka o‘qining tenglamasidan foydalanib  $y_k$ ,  $\sin \alpha_k$  va  $\cos \alpha_k$  larni topamiz. Arkaning o‘qi parabola ko‘rinishida bo‘lganligidan, parabola tenglamasidan

$$y_k = \frac{4f}{\ell^2} (\ell - x) \cdot x = \frac{4 \cdot 4}{16^2} (16 - 4)4 = 3 \text{ m}.$$

$$\operatorname{tg} \alpha_k = \frac{dy}{dx} = \frac{4f}{\ell^2} (\ell - 2x) = \frac{4 \cdot 4}{16^2} (16 - 2 \cdot 4) = 0.5,$$

bundan

$$\alpha_k = 26^{\circ}36'; \quad \sin \alpha_k = 0,4478; \quad \cos \alpha_k = 0,8942 \quad \text{bo'ladi.}$$

k kesimdagi eguvchi moment.

$$M_k = M_k^0 - N \cdot y_k.$$

bu erda  $M_k^0 = V_A \cdot x_k - R(x_k - 2) = 11 \cdot 4 - 8 \cdot 2 = 28 \text{ kNm};$

$$M_k = 28 - 10 \cdot 3 = -2 \text{ kNm.}$$

Ko'ndalang kuch

$$Q_k = Q_k^0 \cdot \cos \alpha_k - N \cdot \sin \alpha_k$$

bu erda  $Q_k^0 = V_A - P = 11 - 8 = 3 \text{ kN},$

$$Q_k = 3 \cdot 0,8942 - 10 \cdot 0,4478 = -1,7854 \text{ kN.}$$

Bo'ylama kuch

$$N_k = -(Q_k^0 \cdot \sin \alpha_k + N \cdot \cos \alpha_k) = -(3 \cdot 0,4478 + 10 \cdot 0,8942) = -10,2854 \text{ kN}$$

**Misol. 13.2-rasm, a da tasvirlangan uch sharnirli arka uchun eguvchi moment, kesuvchi va bo'ylama kuchlarning epyuralari chizilsin. Arka o'qi parabola tenglamasi bo'yicha o'zgaradi.**

**Echish: 1. Arkaning tayanch reaksiya kuchlarini aniqlash.**

Avvalo arkaning vertikal tayanch reaksiyalarini aniqlaymiz.

$$\sum M_B = 0; \quad V_A \cdot 16 - R_1 \cdot 12 - P_2 \cdot 4 = 0,$$

bundan  $V_A = \frac{96 + 48}{16} = 9 \text{ kH.}$

$$\sum M_A = 0; \quad -V_B \cdot 16 + R_2 \cdot 12 + P_1 \cdot 4 = 0,$$

bundan  $V_B = \frac{144 + 32}{16} = 11 \text{ kH.}$

Tekshirish:

$$\sum Y = 0; \quad V_A + V_B - P_1 - P_2 = 9 + 11 - 8 - 12 = 0.$$

Arkani gorizontal tayanch reaksiyalarini aniqlaymiz. Arkaga vertikal yuklar ta'sir qilganligi sababli  $N_A = N_B = N$  bo'ladi.

$$\sum M_C^{\text{chap}} = 0; \quad -N \cdot f + V_A \cdot 8 - P_1 \cdot 4 = 0,$$

bundan  $H = \frac{72 - 32}{4} = 10 \text{ kH.}$

**2. Arka kesimlaridagi ichki zo'riqish kuchlarini aniqlash.**

Ichki zo'riqish kuchlarining epyuralarini chizish uchun (12.1), (12.2) va (12.3) formulalardan foydalanamiz:

$$\left. \begin{aligned} M_x &= M_x^0 - H \cdot Y_k \\ Q_x &= Q_x^0 \cdot \cos \alpha_x - H \cdot \sin \alpha_x \\ N_x &= -(Q_x^0 \cdot \sin \alpha_x + H \cdot \cos \alpha_x) \end{aligned} \right\} \quad (a)$$

Arka o'qi  $y = \frac{4f}{\ell^2}(\ell - x)x$  parabola tenglamasini qanoatlantirganligi uchun

$$\operatorname{tg} \alpha = y' = \frac{4f}{\ell^2}(\ell - 2x) \text{ bo'ladi.}$$

Bundan  $\sin \alpha$  va  $\cos \alpha$  larni aniqlash mumkin.

Arkani teng sakkiz qismga bo'lib, (a) formulalarda qatnashuvchi oddiy balkadagi eguvchi moment  $M_x^0$  va ko'ndalang kuch  $Q_x^0$  larning qiymatlarini aniqlaymiz (13.2 – rasm, b).

$$M_A^0 = 0;$$

$$M_1^0 = V_A \cdot 2 = 9 \cdot 2 = 18 \text{ kNm};$$

$$M_2^0 = V_A \cdot 4 = 9 \cdot 4 = 36 \text{ kNm};$$

$$M_3^0 = V_A \cdot 6 - R_1 \cdot 2 = 9 \cdot 6 - 8 \cdot 2 = 38 \text{ kNm};$$

$$M_4^0 = V_A \cdot 8 - R_1 \cdot 4 = 9 \cdot 8 - 8 \cdot 4 = 40 \text{ kNm};$$

$$M_5^0 = V_B \cdot 6 - R_2 \cdot 2 = 11 \cdot 6 - 12 \cdot 2 = 42 \text{ kNm};$$

$$M_6^0 = V_B \cdot 4 = 11 \cdot 4 = 44 \text{ kNm};$$

$$M_7^0 = V_B \cdot 2 = 11 \cdot 2 = 22 \text{ kNm};$$

$$M_P^0 = 0.$$

$$Q_A^0 = Q_1^0 = Q_2^{0 \text{ chap}} = V_A = 9 \text{ kNm};$$

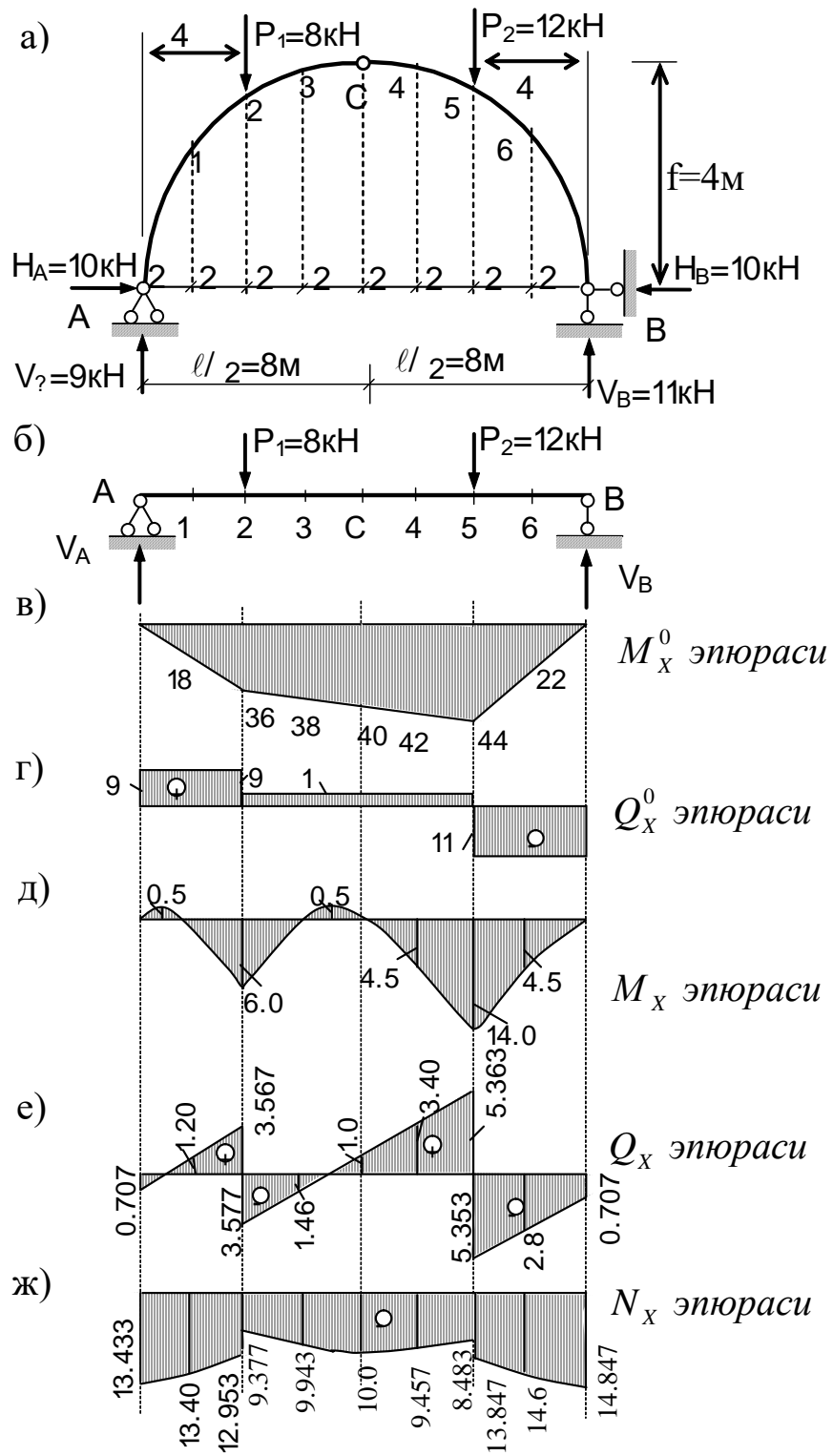
$$Q_2^{0 \text{ o'ng}} = Q_3^0 = Q_4^0 = Q_5^{0 \text{ chap}} = V_A - P_1 = 1 \text{ kNm};$$

$$Q_5^{0 \text{ o'ng}} = Q_6^0 = Q_7^0 = -V_B = -11 \text{ kNm}.$$

Aniqlangan qiymatlar asosida  $M_x^0$  va  $Q_x^0$  epyuralarni quramiz (14.2-rasm, g va d).

Arkaning kesimlaridagi ichki zo'riqlishlarni (a) formulalar yordamida 14.1-jadval ko'rinishida hisoblaymiz.

$M_x$ ,  $Q_x$  va  $N_x$  larning jadvaldagi qiymatlari asosida chizilgan epyuralar 14.2-rasm d, e, va j da keltirilgan.



13.2-расм

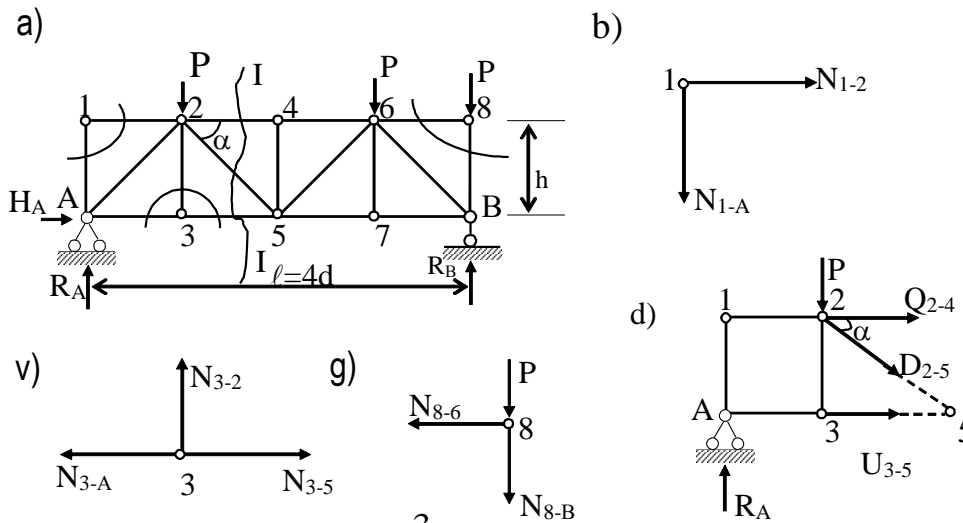
## 10– AMALIY MASHG‘ULOT

### MAVZU: STATIK ANIQ TEKIS FERMA LARNI QO‘ZG‘ALMAS YUKLAR TA‘SIRIGA HISOBLASH.

#### Reja:

1. Ferma tayanch reaksiyalarini aniqlash.
2. Fermaning nol sterjenlarini aniqlash.
3. Fermaning sterjenlaridagi zo‘riqishlarni aniqlash.

*Misol. 8.1-rasm, a da berilgan fermaning nol sterjenlari,  $Q_{2-4}$ ,  $U_{3-5}$  va  $D_{2-5}$  sterjenlaridagi zo‘riqishlar aniqlansin.*



7.1-rasm

**Echish. 1. Ferma tayanch reaksiyalarini aniqlaymiz.**

$$\sum X = 0; \quad N_A = 0.$$

$$\sum M_A = 0; \quad P \cdot d + P \cdot 3d + P \cdot 4d - R_B \cdot 4d = 0, \text{ bundan } R_B = \frac{8Pd}{4d} = 2P.$$

$$\sum M_B = 0; \quad R_A \cdot 4d - P \cdot 3d - P \cdot d = 0, \text{ bundan } R_A = \frac{4Pd}{4d} = P.$$

Tekshirish:  $\sum U = 0; \quad R_A + R_B - 3R = 2P + P - 3R = 0.$

**2. Fermaning nol sterjenlarini aniqlash.**

7.1-rasm, a da ko‘rsatilgan fermanan 1-tugunni ajratib, tutashgan sterjenlardagi zo‘riqishlarni aniqlaymiz (7.1-rasm, b):



$$\sum X = 0; \quad N_{1-2} = 0; \quad \sum U = 0; \quad N_{1-A} = 0.$$

Fermaning 3-tugunini ajratib, uning uchun muvozanat tenglamalarini tuzamiz (7.1-rasm, v).

$$\sum X = 0; \quad -N_{3-A} + N_{3-5} = 0; \quad \text{bundan} \quad N_{3-5} = N_{3-A}.$$

$$\sum Y = 0; \quad N_{3-2} = 0.$$

Fermaning 8-tugunini qirqib, uning uchun muvozanat tenglamalarini tuzamiz (7.1-rasm, g):

$$\sum X = 0; \quad -N_{8-6} = 0;$$

$$\sum Y = 0; \quad -R - N_{8-V} = 0; \quad N_{8-V} = -R$$

## 11–12 AMALIY MASHG‘ULOTLAR

### STATIK NOANIQ RAMALARNI KUHLAR USULIDA HISOBLASH

#### Reja:

1. Ramani statik noaniqlik darajasi aniqlanadi.
2. Ramani asosiy sistemasi tanlanadi.
3. Kuchlar usulining kanonik tenglamalar sistemasi yoziladi.
4. Birlik va tashqi yuk eguvchi moment epyuralarini chizish.
5. Kanonik tenglama koeffitsientlarini va ozod hadlarini aniqlash.
6. Kanonik tenglama koeffitsientlarini va ozod hadlarini tekshirish.
7. Kanonik tenglamani echish.
8. Yakuniy eguvchi moment epyurasini chizish.
9. Yakuniy eguvchi moment epyurasini tekshirish.
10. Ko‘ngdalang kuch epyurasini chizish.
11. Bo‘ylama kuch epyurasini chizish.
12. Umumiy statik tekshirish.

*Misol. 19.1-rasm, a da berilgan statik noaniq rama tashqi yuklar ta’siriga kuchlar usuli bilan hisoblansin.*

#### **Yechish. 1. Ramani statik noaniqlik darajasi aniqlash.**

Berilgan ramani statik noaniqlik darajasi (19.1) va (19.2) formulaga asosan aniqlanadi.

$$n = 2III + C_0 - 3D = 2 \cdot 0 + 5 - 3 = 2;$$

$$n = 3K - III = 3 \cdot 2 - 4 = 2.$$

Demak, rama ikki marta statik noaniq, ya’ni u ikkita ortiqcha bog‘lanishga ega.

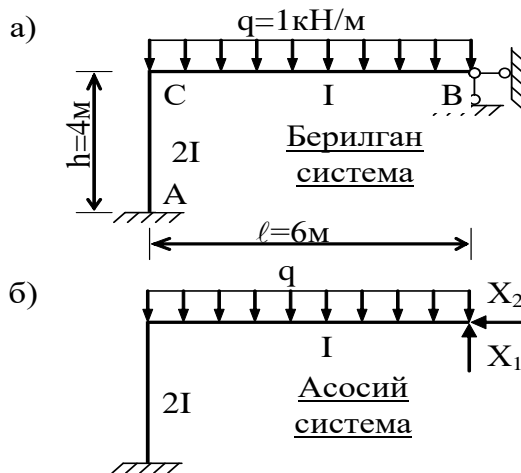
#### **2. Ramani asosiy sistemasi tanlash.**

Ramaning 2 ta ortiqcha bog‘lanishini noma’lum zo‘riqishlar  $X_1$  va  $X_2$  bilan belgilab, asosiy sistema tanlaymiz (19.1-rasm, b).

#### **2. Kuchlar usulining kanonik tenglamalar sistemasi yozish.**

Kuchlar usuli kanonik tenglamalar sistemasini yozamiz:

$$\begin{cases} \delta_{11} \cdot X_1 + \delta_{12} X_2 + \Delta_{1P} = 0; \\ \delta_{21} \cdot X_1 + \delta_{22} X_2 + \Delta_{2P} = 0. \end{cases}$$



19.1-rasm

### 3. Birlik va tashqi yuk eguvchi moment epyuralarini chizish.

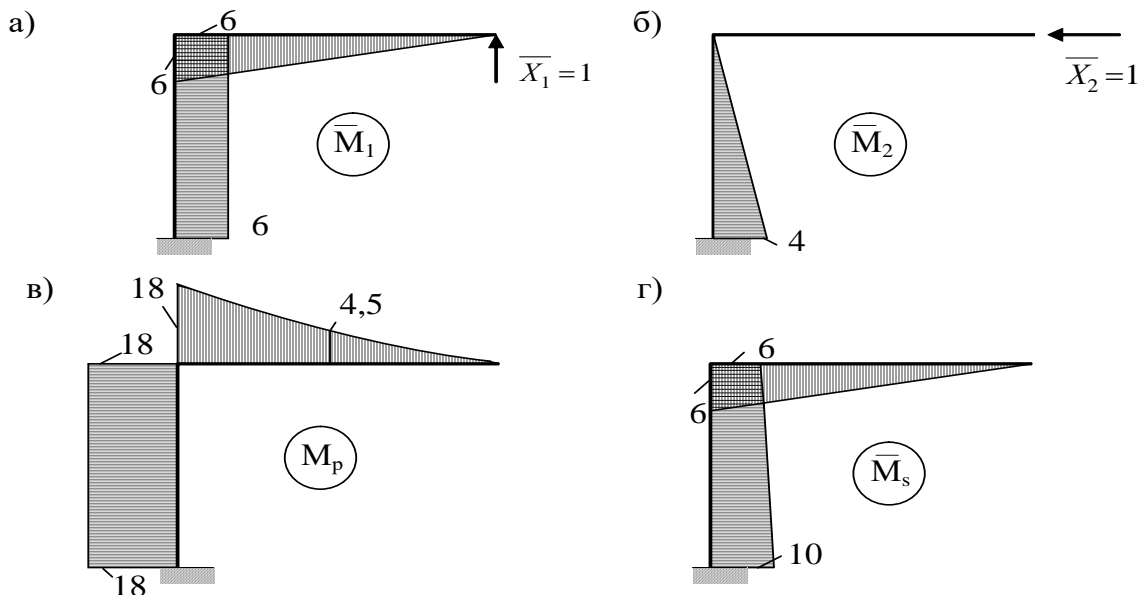
Kanonik tenglama koeffitsientlarini va ozod hadlarini aniqlash uchun alohida-alohida  $\bar{X}_1 = 1$  va  $\bar{X}_2 = 1$  kuchlardan birlik  $\bar{M}_1, \bar{M}_2$  epyuralarni va tashqi yukdan  $M_P$  epyurani chizamiz (19.2-rasm, a, b, v).

### 4. Kanonik tenglama koeffitsientlarini va ozod hadlarini aniqlash.

Bu epyuralardan foydalanib, tenglamadagi birlik ko'chishlar va ozod hadlarning Vereshchagin usuli yordamida aniqlaymiz.

$$\delta_{11} = \sum \int \frac{\bar{M}_1^2}{EI} dx = \frac{1}{EI} \cdot \frac{6 \cdot 6}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 6 + \frac{1}{2EI} \cdot 6 \cdot 4 \cdot 6 = \frac{144}{EI}$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \sum \int \frac{\bar{M}_1 \cdot \bar{M}_2}{EI} dx = \frac{1}{2EI} \cdot 6 \cdot 4 \cdot 2 = \frac{24}{EI}$$



19.2-rasm

$$\delta_{22} = \sum \int \frac{\bar{M}_2^2}{EI} dx = \frac{1}{2EI} \cdot \frac{4 \cdot 4}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 4 = \frac{32}{3EI};$$

$$\Delta_{1P} = \sum \int \frac{\bar{M}_1 M_P}{EI} dx = -\frac{1}{EI} \cdot 18 \cdot 6 \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{4} \cdot 6 - \frac{1}{2EI} \cdot 18 \cdot 4 \cdot 6 = -\frac{318}{EI};$$

$$\Delta_{2P} = \sum \int \frac{\bar{M}_2 M_P}{EI} dx = -\frac{1}{2EI} \cdot 18 \cdot 4 \cdot 2 = -\frac{12}{EI}.$$

### 5. Kanonik tenglama koeffitsientlarini va ozod hadlarini tekshirish.

Kanonik tenglama koeffitsientlarini va ozod hadlarini tekshirish uchun, avvalo  $\bar{M}_s = \bar{M}_1 + \bar{M}_2$  epyurani quramiz (19.2-rasm, g).

a) universal tekshirish o'tkazamiz:

$$\delta_{ss} = \sum \int \frac{\bar{M}_s^2}{EI} dx = \frac{1}{EI} \frac{6 \cdot 6}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 6 + \frac{4}{6 \cdot 2EI} (6^2 + 4 \cdot 8^2 + 6^2) = \frac{608}{3EI};$$

$$\delta_{ss} = \sum \delta = \delta_{11} + \delta_{22} + 2\delta_{12} = \frac{144}{EI} + \frac{32}{3EI} + \frac{2 \cdot 24}{EI} = \frac{608}{3EI}.$$

Demak, kanonik tenglama koeffitsientlari to'g'ri topilgan.

b) ustun tekshirish o'tkazamiz:

$$\Delta_{sp} = \Delta_{1p} + \Delta_{2p} = -\frac{318}{EI} - \frac{12}{EI} = -\frac{450}{EI};$$

$$\Delta_{sp} = \sum \int \frac{\bar{M}_s M_p}{EI} dx = -\frac{1}{EI} 18 \cdot 6 \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{4} \cdot 6 - \frac{1}{2EI} 18 \cdot 4 \cdot 8 = -\frac{450}{EI}$$

Demak, ko'chishlar to'g'ri hisoblangan.

### 6. Kanonik tenglamani echish.

Topilgan kanonik tenglama koeffitsientlarini va ozod hadlarini kanonik tenglamaga qo'yib,

$$\begin{cases} \frac{144 \cdot X_1}{EI} + \frac{24 \cdot X_2}{EI} - \frac{318}{EI} = 0, \\ \frac{24 \cdot X_1}{EI} + \frac{32 \cdot X_2}{3EI} - \frac{12}{EI} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 144X_1 + 24X_2 - 318 = 0, \\ 12X_1 + 32X_2 - 216 = 0; \end{cases}$$

tenglamani yechib, noma'lum zo'riqish kuchlarini aniqlaymiz.

$$X_1 = 2,4 \kappa H; \quad X_2 = 1,35 \kappa H$$

### 7. Yakuniy eguvchi moment epyurasini chizish.

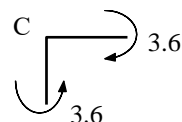
Yakuniy eguvchi moment epyurasini  $M_x = \bar{M}_1 X_1 + \bar{M}_2 X_2 + M_p$  formula yordamida quramiz (19.3-rasm). Bu erda  $\bar{M}_1 X_1; \bar{M}_2 X_2$  - epyuralarga tuzatilgan moment epyuralari deyiladi. Tuzatilgan moment  $\bar{M}_1 X_1$  epyurasini kurish uchun  $\bar{M}_1$  birlik epyura ordinatalarini  $X_1 = 2.4$  kuchga kupaytiramiz. SHuningdek, tuzatilgan moment  $\bar{M}_2 X_2$  epyurasini kurish uchun  $\bar{M}_2$  birlik epyura ordinatalarini  $X_2 = 1.35$  kuchga kupaytiramiz.

### 8. $M_x$ epyurani tekshirish.

$M_x$  epyurani tekshirish statik va deformatsion tekshirishlardan iborat bo'ladi.

a) statik tekshirish. Bu tekshirishda C tugunni qirqib  $\sum M_C = 0$  muvozanat shartini qaraymiz (19.3-rasm, v).

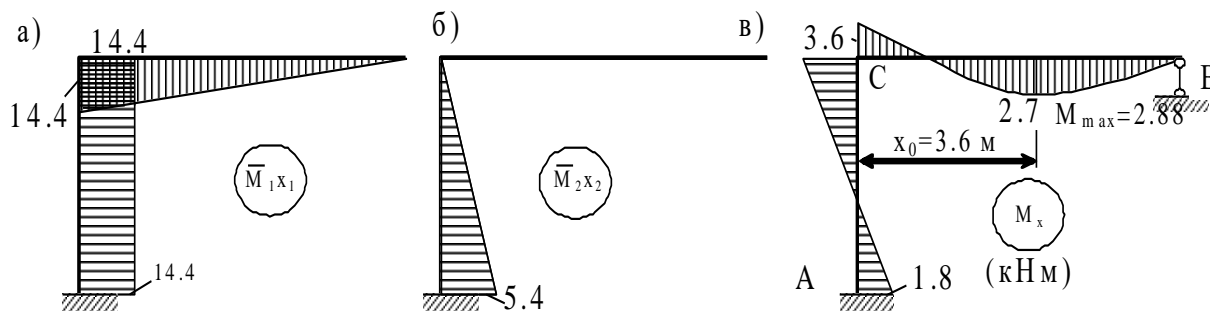
$$\sum M_C = 0; \quad 3,6 - 3,6 = 0.$$



**b) deformatsion tekshirish.** Bu tekshirishda birlik epyuralar yig'indisi  $M_s$  (13.2-rasm, g) yakuniy  $M_x$  epyuraga ko'paytiriladi. Natija nolga teng bo'lishi kerak.

$$\Delta_s = \sum \int \frac{\bar{M}_s M_x}{EI} dx = \frac{6}{6EI} (4 \cdot 3 \cdot 2,7 - 3 \cdot 6 \cdot 6) + \frac{4}{6 \cdot 2EI} (-3 \cdot 6 \cdot 6 - 4 \cdot 8 \cdot 0,9 + 10 \cdot 1 \cdot 8) = \frac{10,8}{EI} - \frac{10,8}{EI} = 0.$$

Demak, yakuniy  $M_x$  epyura to'g'ri hisoblangan.



19.3-pacm

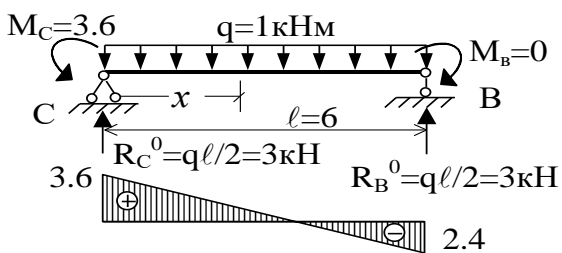
### 10. Ko'ngdalang kuch epyurasini chizish.

$M_x$  epyuradan foydalanib  $Q_x$  epyurani quramiz (19.4-rasm, a). Bu yerda ramaning har bir sterjenini oddiy balka deb qaraymiz.  $Q_x$  epyura quyidagi

$$Q_x = Q_x^0 + \frac{M_{yuz} - M_{chan}}{l}$$

formula yordamida hisoblanadi. Bu erda  $Q_x^0$  - oddiy

balkadagi ko'ngdalang kuch;  $M_{yuz}$  - oddiy balkaning o'ng uchidagi eguvchi moment;  $M_{chan}$  - oddiy balkaning chap uchidagi eguvchi moment;  $l$  - oddiy balkaning uzunligi. CB sterjendagi ko'ngdalang kuchni aniklaymiz. Bu erda tashqi yuk ta'siri qilganligi uchun uni hisobga olinadi.  $M_x$  epyuradagi C va B kesimlardagi eguvchi momentlarni oddiy balkaning C va B tayanchlariga qo'yamiz.



Ushbu balkada

$$Q_{CB}^0 = \frac{qe}{2} - qx = 3 - x$$

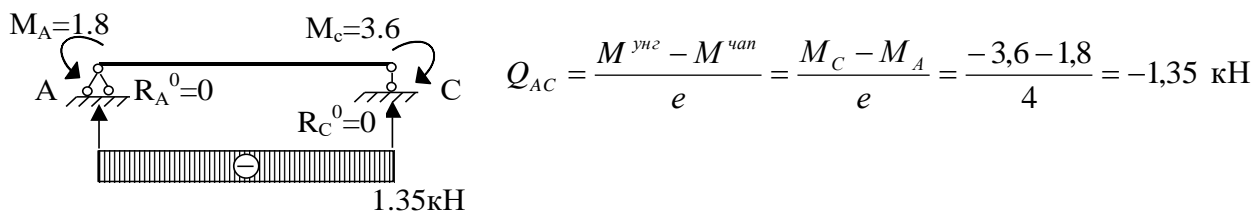
$$Q_{CB} = Q_{CB}^0 + \frac{M_B - M_C}{e} = 3 - x + \frac{0 + 3,6}{6} = 3,6 - x$$

Agar  $x=0$  bo'lsa  $Q_C=3,6$  kN;  $x=6$  bo'lsa  $Q_B=-2,4$  kN.

$$Q_{CB}=3,6-x=0; \quad x_0=3,6 \text{ m}$$

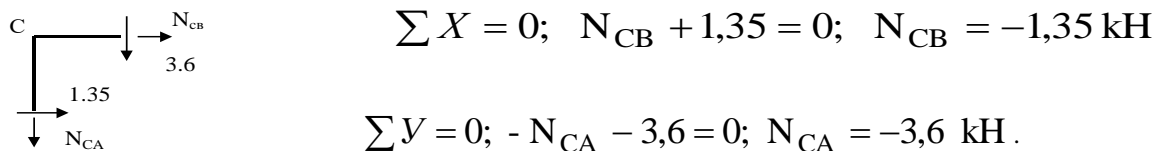
$$x_0=3,6 \text{ bo'lganda } M_{\max} = R_6^0 \cdot 2,4 - \frac{q \cdot 2,4^2}{2} = 2,4 \cdot 2,4 - \frac{2,4^2}{2} = 2,88 \text{ kHm}$$

AC sterjenni oddiy balka deb qarash, bu erda tashqi yuk bo'lmaganligi sababli  $Q_{AC}^0 = 0$ .  $M_x$  epyuradagi A va C kesimlardagi eguvchi momentlarni oddiy balkaning A va C tayanchlariga qo'yamiz.



### 11. Bo'ylama kuch epyurasini chizish.

$Q_x$  dan foydalanib  $N_x$  epyurani quramiz (13.4-rasm, b). S tugunni  $Q_x$  epyuradan qirqib, uning muvozanatidan  $N_x$  ni aniqlaymiz.



### 12. Umumiy statik tekshirish. (19.4 -rasm, v).

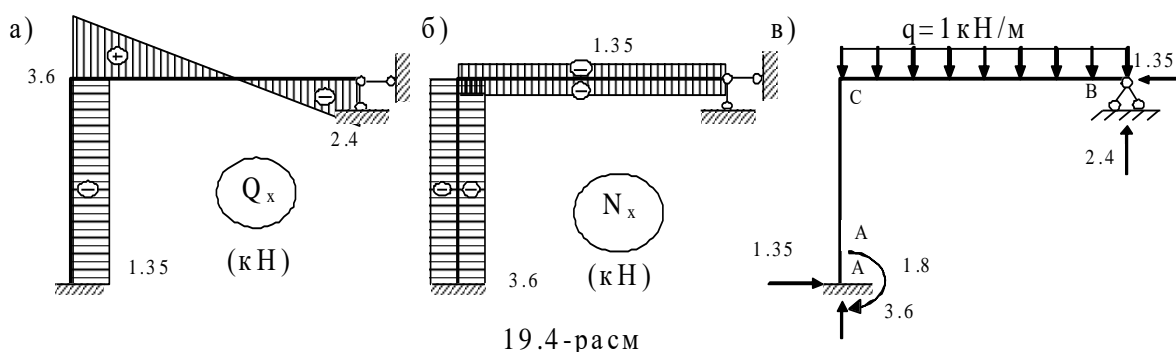
Buning uchun, avvalo ramaning tayanch reaksiyalarini aniqlaymiz. Tayanchlardagi momentlar  $M_x$ , ko'ndalang reaksiya kuchlari  $Q_x$ , bo'ylama reaksiya kuchlari  $N_x$  epyuralardan aniqlanadi. Statika muvozanat shartlariga asosan:

$$\sum X = 0; \quad 1,35 - 1,35 = 0;$$

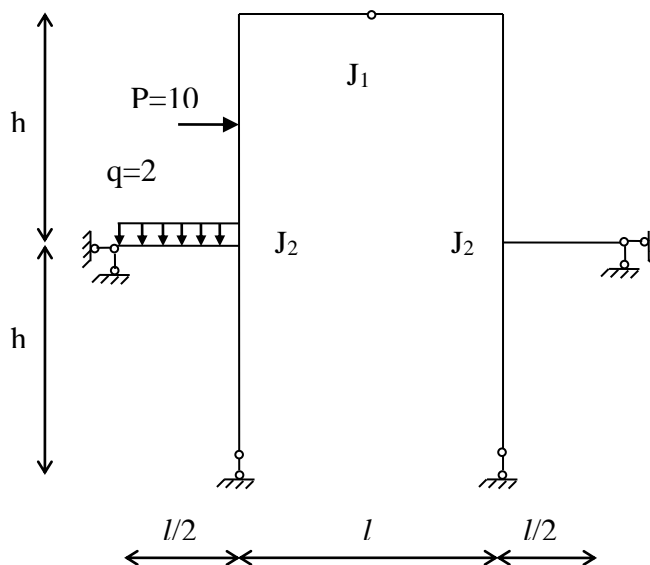
$$\sum Y = 0; \quad 3,6 + 2,4 - 1 \cdot 6 = 6 - 6 = 0,$$

$$\sum M_A = 0; \quad -2,4 \cdot 6 + 1 \cdot 6 \cdot 3 - 1,35 \cdot 4 + 1,8 = 19,8 - 19,8 = 0.$$

Demak, M, Q va N epyuralar to'g'ri hisoblanib qurilgan.



Berilgan statik ramani kuchlar usuli bilan hisoblash tartibiga binoan bajaramiz.  
**Hisoblash.**



**1. Berilgan ramani statik noaniqlik darajasi aniqlaymiz.** Ramani statik noaniqlik darajasini quyidagi formulalar yordamida aniqlaymiz.

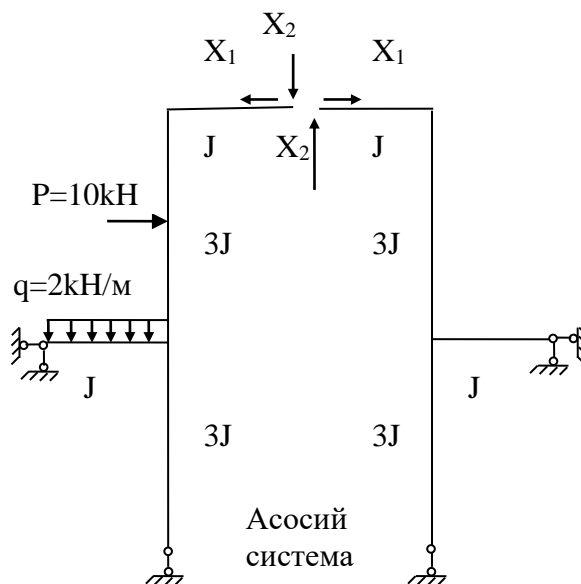
$$n = 2III + C_T - 3D = 2 \cdot 1 + 6 - 3 \cdot 2 = 2$$

$$n = 3K - III = 3 \cdot 3 - 7 = 2$$

Demak, berilgan rama 2 marta statik noaniq bo‘lib, 2 ta ortiqcha bog‘lanishga ega.

**2. Rama uchun kuchlar usuli asosiy sistemasi tanlash.**

Buning uchun ramadagi 2 ta ortiqcha bog‘lanishni ramani simmetrikligidan foydalanib, noma'lum kuchlar bilan almashtiramiz.



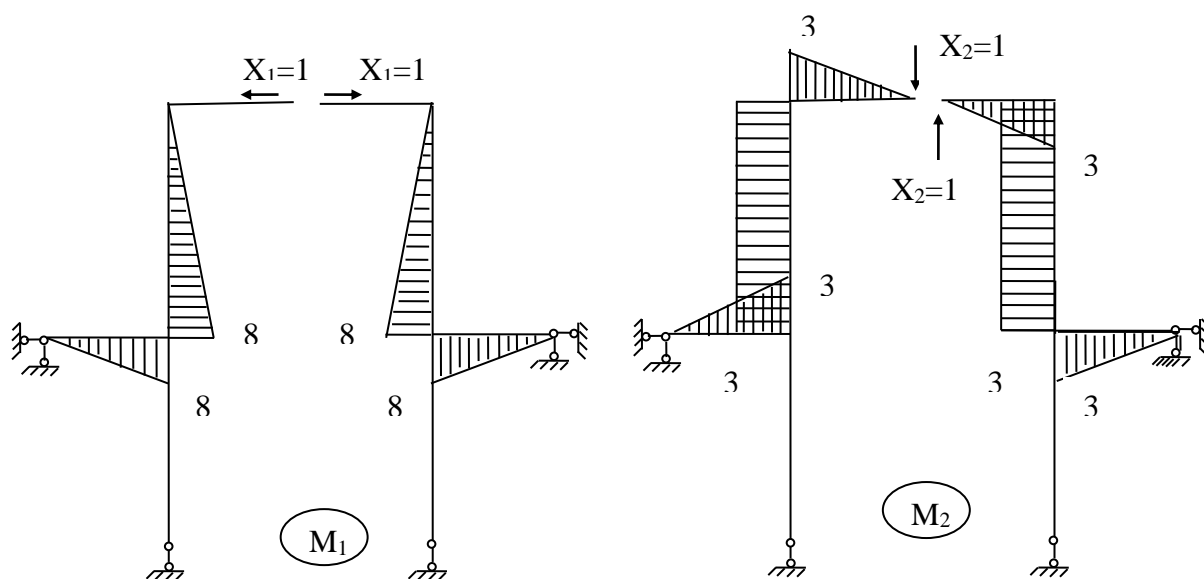
### 3. Kuchlar usuli kanonik tenglamasi tuzilsin.

Kuchlar usuli kanonik tenglamalarining soni noma'lum kuchlar soniga teng bo'ladi. Noma'lum kuchlar yo'nalishida noma'lum kuchlardan va tashqi yuklardan hosil bo'lgan ko'chishlar yig'indisi nol ekanligidan foydalanib tuzamiz:

$$\begin{cases} \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \Delta_{1P} = 0 \\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \Delta_{2P} = 0 \end{cases}$$

### 4. Birlik va tashqi yuk eguvchi moment epyuralari chizish.

Asosiy sistemaga alohida-alohida  $\bar{X}_1 = 1$  va  $\bar{X}_2 = 1$  birlik kuchlar hamda tashqi yuklar ta'siridan  $\bar{M}_1$  va  $\bar{M}_2$  birlik eguvchi moment hamda  $M_p$  tashqi yuk eguvchi moment epyuralarini quramiz.



### 5. Kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlari aniqlash.

Kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlari aniqlash uchun Mor integralini Vereshchagin va Simpson-Kornousov formulalari yordamida hisoblaymiz. Avvalo  $\delta_{11}$  birlik ko'chishni Vereshchagin formulasi bilan hisoblaymiz:

$$\delta_{11} = \sum \int \frac{\bar{M}_1^2}{EJ} dx = \sum \frac{\omega_i \cdot y_i}{EJ} = \frac{1}{EJ} \left( \frac{3 \cdot 8}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 8 \right) \cdot 2 + \frac{1}{3EJ} \left( \frac{8 \cdot 8}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 8 \right) \cdot 2 = \frac{128}{EJ} + \frac{113,778}{EJ} = \frac{241,778}{EJ} \text{ E}$$

ndi  $\delta_{11}$  birlik ko'chishni Simpson-Kornousov formulasi bilan hisoblaymiz:

$$\begin{aligned} \delta_{11} &= \sum \int \frac{\bar{M}_1^2}{EJ} dx = \sum \frac{\ell_i}{6EJ} (\bar{M}_a^2 + 4\bar{M}_c^2 + \bar{M}_b^2) = \\ &= \frac{3}{6EJ} (0^2 + 4 \cdot 4^2 + 8^2) \cdot 2 + \frac{8}{6 \cdot 3EJ} (8^2 + 4 \cdot 4^2 + 0^2) \cdot 2 = \frac{128}{EJ} + \frac{113,778}{EJ} = \frac{241,778}{EJ} \end{aligned}$$

Simmetrik epyurani nosimmetrik epyuraga ko'paytmasi nol ekanligidan

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \sum \int \frac{\bar{M}_1 \bar{M}_2}{EJ} dx = 0 \text{ aniqlaymiz.}$$



$\delta_{22}$  birlik ko'chishni ham Vereshchagin va Simpson-Kornousov formulalari bilan aniqlaymiz:

$$\delta_{22} = \sum \int \frac{\bar{M}_2^2}{EJ} dx = \frac{1}{EJ} \left( \frac{3 \cdot 3}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 3 \right) \cdot 4 + \frac{1}{3EJ} (3 \cdot 8 \cdot 3) \cdot 2 = \frac{36}{EJ} + \frac{48}{EJ} = \frac{84}{EJ};$$

$$\delta_{22} = \sum \int \frac{\bar{M}_2^2}{EJ} dx = \frac{3}{6EJ} (0^2 + 4 \cdot 1.5^2 + 3^2) \cdot 4 + \frac{8}{6 \cdot 3EJ} (3^2 + 4 \cdot 3^2 + 3^2) \cdot 2 = \frac{36}{EJ} + \frac{48}{EJ} = \frac{84}{EJ}.$$

$\Delta_{1P}$  va  $\Delta_{2P}$  ko'chishlarni ham Vereshchagin va Simpson-Kornousov formulalari bilan aniqlaymiz:

$$\Delta_{1P} = \sum \int \frac{\bar{M}_1 M_P}{EJ} dx = -\frac{3}{6EJ} (4 \cdot 4 \cdot 1.5 + 8 \cdot 40) - \frac{4}{6 \cdot 3EJ} (8 \cdot 40 + 4 \cdot 6 \cdot 20 + 4 \cdot 0) =$$

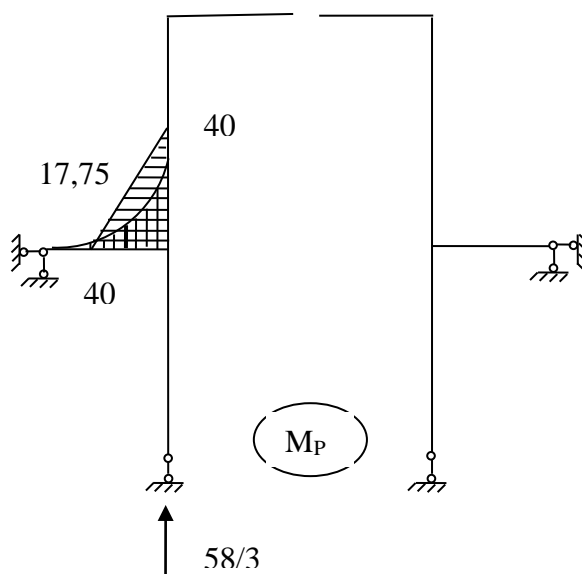
$$= -\frac{1}{EJ} (302 + 177.778) = -\frac{479.778}{EJ}$$

$$\Delta_{2P} = \sum \int \frac{\bar{M}_2 M_P}{EJ} dx = \frac{3}{6EJ} \left( 4 \cdot \frac{3}{2} \cdot 15.5 + 3 \cdot 40 \right) + \frac{1}{3EJ} \left( \frac{40 \cdot 4}{2} \cdot 3 \right) =$$

$$= \frac{106.5}{EJ} + \frac{80}{EJ} = \frac{186.5}{EJ}$$

$$\Delta_{2P} = \sum \int \frac{\bar{M}_2 M_P}{EJ} dx = \frac{3}{6EJ} (4 \cdot 1.5 \cdot 15.5 + 3 \cdot 40) + \frac{4}{6 \cdot 3EJ} (40 \cdot 3 + 4 \cdot 3 \cdot 20 + 3 \cdot 0) =$$

$$= \frac{113.25}{EJ} + \frac{80}{EJ} = \frac{193.25}{EJ}$$



## 6. Kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlarini tekshirish.

$$\sum \delta = \delta_{11} + 2\delta_{12} + \delta_{22} = \frac{1}{EJ} (241.778 + 2 \cdot 0 + 84) = \frac{325.778}{EJ}$$

$$\sum \delta = \delta_{ss} = \sum \int \frac{\bar{M}_s^2}{EJ} dx \quad \text{bu yerda} \quad \bar{M}_s = \bar{M}_1 + \bar{M}_2$$

$$\delta_{ss} = \sum \int \frac{\bar{M}_s^2}{EJ} dx = \frac{1}{EJ} \left( \frac{3 \cdot 3}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 3 \cdot 2 + \frac{3 \cdot 5}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 5 + \frac{3 \cdot 11}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 11 \right) + \frac{8}{6 \cdot 3EJ} [(3^2 + 4 \cdot 1^2 + 5^2) +$$

$$+ (3^3 + 4 \cdot 7^2 + 11^2)] = \frac{1}{EJ} (18 + 25 + 121) + \frac{8}{18EJ} (38 + 326) = \frac{1}{EJ} (164 + 161.778) = \frac{325,778}{EJ}$$

$$\delta_{SS} = \sum \int \frac{\bar{M}_s^2}{EJ} dx = \frac{3}{6EJ} (5^2 + 4 \cdot 2,5^2) + \frac{3}{6EJ} (3^2 + 4 \cdot 1,5^2) \cdot 2 + \frac{3}{6EJ} (11^2 + 4 \cdot 1,5^2) +$$

$$+ \frac{8}{6 \cdot 3EJ} (5^2 + 4 \cdot 1^2 + 3^2) + \frac{8}{6 \cdot 3EJ} (11^2 + 4 \cdot 7^2 + 3^2) = \frac{25}{EJ} + \frac{18}{EJ} + \frac{121}{EJ} + \frac{16,88}{EJ} +$$

$$+ \frac{144,88}{EJ} = \frac{325,778}{EJ}$$

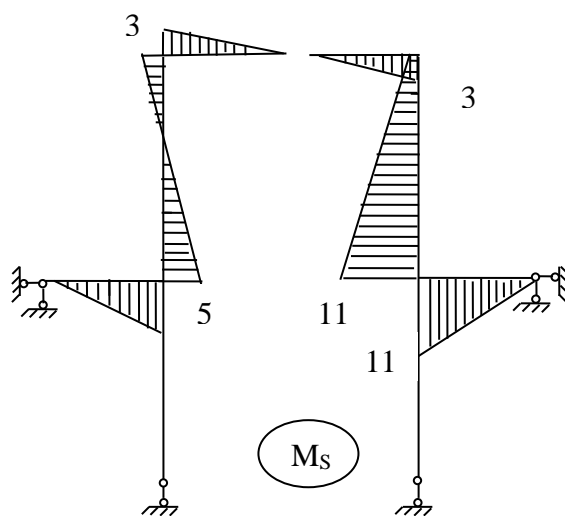
$$\Delta_{SP} = \Delta_{1P} + \Delta_{2P} = \frac{1}{EJ} (-461,778 + 186,5) = -\frac{275,278}{EJ}$$

$$\Delta_{SP} = -\sum \int \frac{\bar{M}_s M_P}{EJ} dx = -\frac{3}{6EJ} (4 \cdot 2,5 \cdot 15,5 + 5 \cdot 40) - \frac{1}{3EJ} \left( \frac{40 \cdot 4}{2} \cdot \frac{11}{3} \right) = -\frac{1}{EJ} (177,5 + 97,778) =$$

$$= -\frac{275,278}{EJ}$$

$$\Delta_{SP} = -\sum \int \frac{\bar{M}_s M_P}{EJ} dx = -\frac{3}{6EJ} (4 \cdot 2,5 \cdot 15,5 + 5 \cdot 40) - \frac{4}{6 \cdot 3EJ} (40 \cdot 5 + 4 \cdot 20 \cdot 3) =$$

$$= -\frac{177,5}{EJ} - \frac{97,778}{EJ} = -\frac{275,278}{EJ}$$



**7. Kanonik tenglamani yechib, ortiqcha bog‘lanishlardagi noma‘lum kuchlar topish.**

$$\begin{cases} \frac{241,778}{EJ} \cdot X_1 + 0 \cdot X_2 - \frac{461,778}{EJ} = 0 \\ 0 \cdot X_1 + \frac{84}{EJ} \cdot X_2 + \frac{186,5}{EJ} = 0 \end{cases}$$

Tenglamani har bir hadini  $EJ$  ko‘paytirib,

ozod hadini tenglamani o‘ng tomoniga o‘tkazib yozsak,

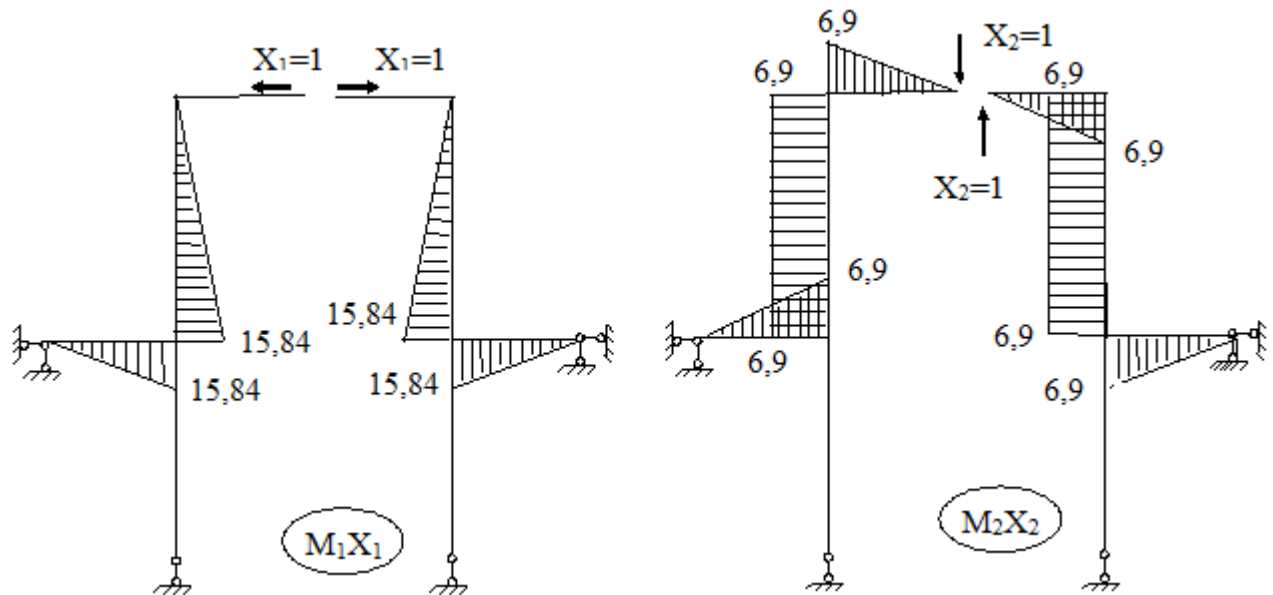
$$\begin{cases} 241,778 \cdot X_1 = 461,778; \\ 84 \cdot X_2 = -186,5. \end{cases} \quad \text{Tenglamani echsak,}$$

$$X_1 = \frac{461,778}{241,778} = 1,98;$$

bo'ladi.

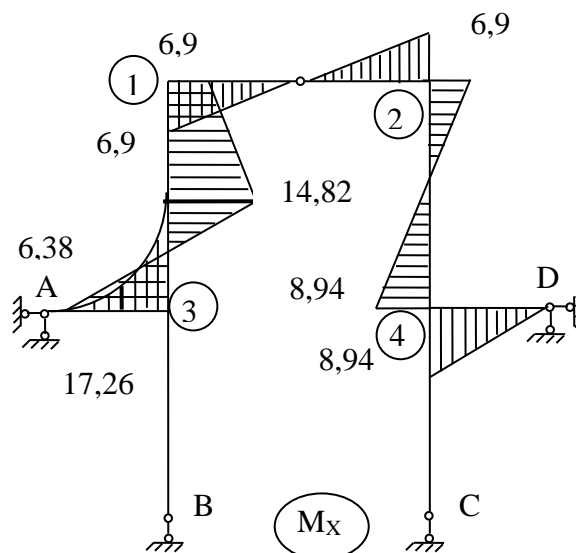
$$X_2 = -\frac{186,5}{84} = -2,3.$$

### 8. Tuzatilgan eguvchi moment epyuralari chizish.



### 9. Yakuniy eguvchi moment $M_x$ epyurasi chizish.

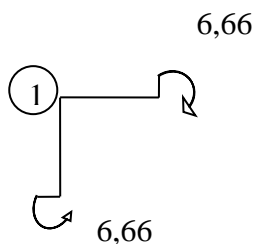
$$M_x = \bar{M}_1 X_1 + \bar{M}_2 X_2 + M_p$$



## 10. Yakuniy eguvchi moment epyurasi $M_x$ ni tekshirish.

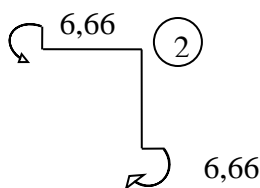
a) statik tekshirish

1-tugun



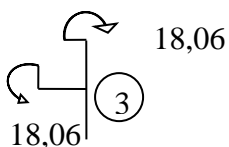
$$\sum M_1 = 6,66 - 6,66 = 0$$

2-tugun



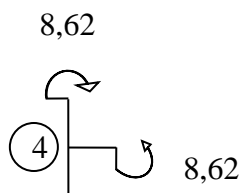
$$\sum M_2 = 6,66 - 6,66 = 0$$

3-tugun



$$\sum M_3 = 18,06 - 18,06 = 0$$

4-tugun



$$\sum M_4 = 8,62 - 8,62 = 0$$

b) deformatsion tekshirish

$$\begin{aligned} \Delta_{SM} &= \sum \int \frac{M_s M_x}{EJ} dx = -\frac{3}{6EJ} (0 \cdot 0 + 4 \cdot 3,45 \cdot 1,5 + 6,9 \cdot 3) \cdot 2 + \frac{8}{6 \cdot 3EJ} ((-6,9) \cdot 3 + 4 \cdot 7 \cdot 1,02 + 8,94 \cdot 11) + \\ &+ \frac{3}{6EJ} (0 \cdot 0 + 4 \cdot 4,47 \cdot 5,5 + 8,94 \cdot 11) - \frac{3}{6EJ} (0 \cdot 0 + 4 \cdot 2,5 \cdot 6,38 + 5 \cdot 17,26) + \\ &+ \frac{4}{6 \cdot 3EJ} [((-3) \cdot 6,9 + 4 \cdot (-1) \cdot 10,86 + 1 \cdot 14,82) + (1 \cdot 14,82 + 4 \cdot 3 \cdot (-1,22) + 5 \cdot (-17,26))] = \\ &= -\frac{41,4}{EJ} + \frac{47,2}{EJ} + \frac{98,34}{EJ} - \frac{75,05}{EJ} - \frac{30,09}{EJ} = -\frac{146,54}{EJ} + \frac{145,54}{EJ} = -\frac{1}{140,98} \cdot 100\% = 0,7\% < 1\% \end{aligned}$$

## 11. Ko'ndalang kuch $Q_x$ epyurasi chizish.

$$Q_{12} = \frac{-6,66 - 6,66}{6} = -2,22$$

$$Q_{1P} = \frac{6,66 - 14,3}{4} = -1,91$$

$$Q_{3D} = \frac{14,3 + 18,06}{4} = 8,09$$

$$Q_{A3} = \frac{ql}{4} - qx + \frac{18,06}{3} = 6,02 - 2x$$

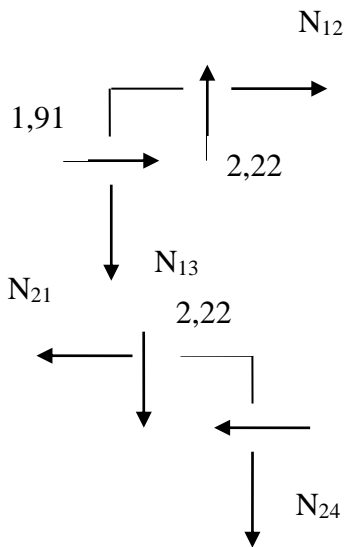
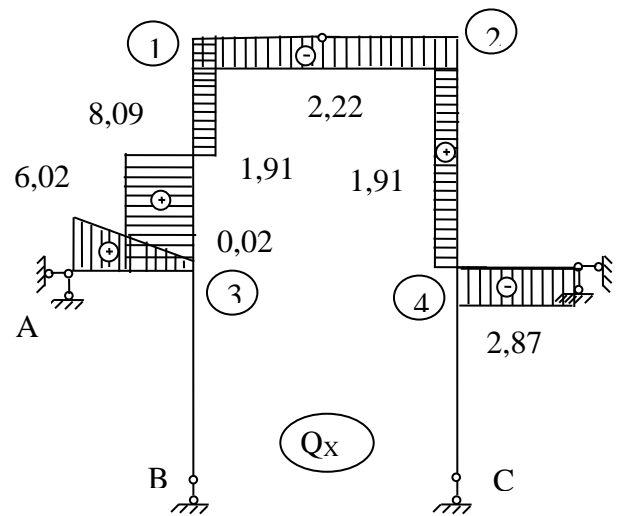
$$x = 0 \quad Q_{A3} = 6,02$$

$$x = 3 \quad Q_{A3} = 0,02$$

$$Q_{42} = \frac{6,66 + 8,62}{8} = 1,91$$

$$Q_{4D} = -\frac{8,62}{3} = -2,87$$

## 12. Bo'ylama kuch $N_x$ epyurasi chizish.



$$\sum X = 0$$

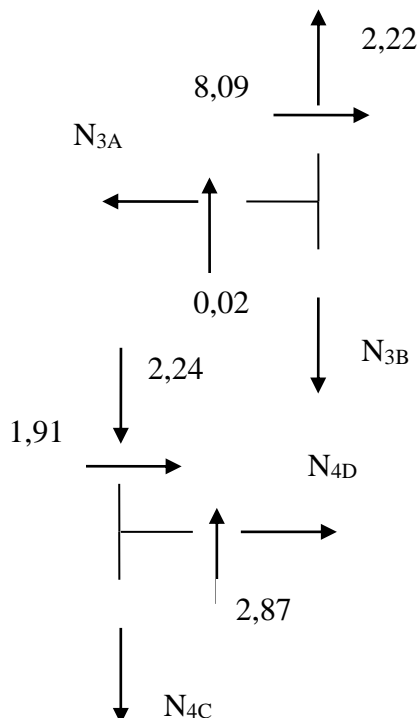
$$N_{12} = -1,91$$

$$\sum Y = 0$$

$$N_{13} = 2,22$$

$$\sum X = 0 \quad N_{21} = -1,91$$

$$\sum Y = 0 \quad N_{24} = -2,22$$



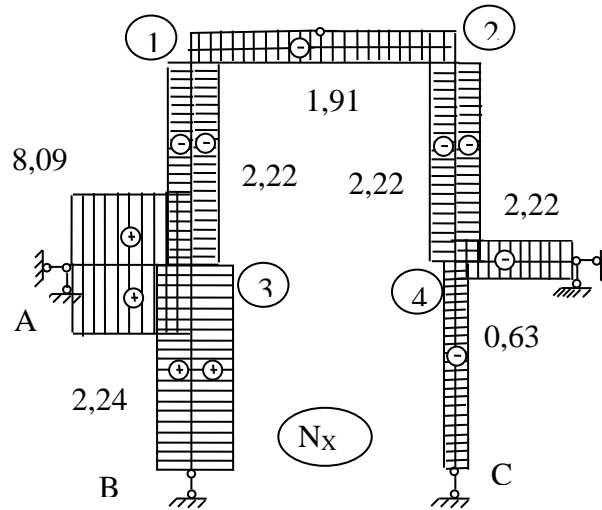
$$\sum X = 0 \quad N_{3A} = 8,09$$

$$\sum Y = 0 \quad N_{3B} = 2,24$$

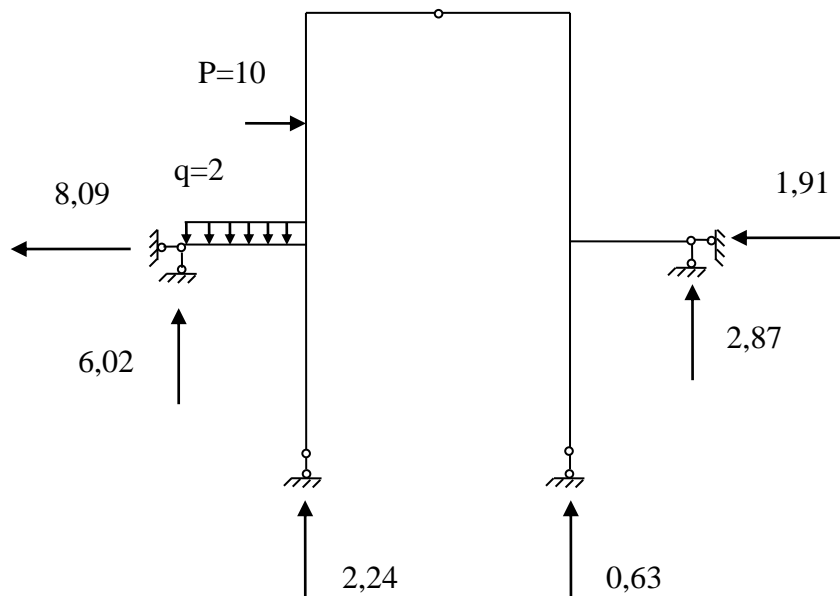
$$\sum X = 0 \quad N_{4D} = -1,91$$

$$\sum Y = 0$$

$$N_{4C} = -2,87 + 2,22 = -0,63$$



### 13. Umumiy statik tekshirish o'tkazish.



$$\sum X = 0 \quad 10 - 8,09 - 1,91 = 0$$

$$\sum Y = 0 \quad -2 \cdot 3 + 6,09 + 2,87 - 2,24 - 0,63 = -8,87 + 8,87 = 0$$

## 13-AMALIY MASHG'ULOTLAR

### MAVZU: UZLUKSIZ BALKALARNI QO'ZG'ALMAS YUKLAR TA'SIRIGA HISOBLASH. NATIJAVIY EGUVCHI MOMENT, KO'NDALANG KUCHLAR EPYURALARINI CHIZISH.

#### Reja:

1. Balkaning statik noaniqlik darajasini aniqlaymiz va kuchlar usuli asosiy sistema tanlash.
2. Uch momentlar tenglamasini tuzish va uni echish.
3. Uzluksiz balka eguvchi moment epyurasini chizish.

*Misol. Qo'zg'almas tekis tarqalgan yuk ta'sirida bo'lgan va o'ng uchi qistirib mahkamlangan uzluksiz balka uchun eguvchi moment va ko'ndalang kuch epyuralari qurilsin (29-rasm, a). Balkaning bikrligi o'zgarmas ( $EI=const$ ) deb olinsin. Yechish.*

1. Balkaning statik noaniqlik darajasini aniqlaymiz va kuchlar usuli asosiy sistema tanlash.

Balkaning statik noaniqlik darajasini quyidagi formula yordamida aniqlaymiz.

$$n = S_t - 3 = 5 - 3 = 2$$

bu erda  $S_t = 5$  tutash balkadagi tayanch sterjenlari soni.

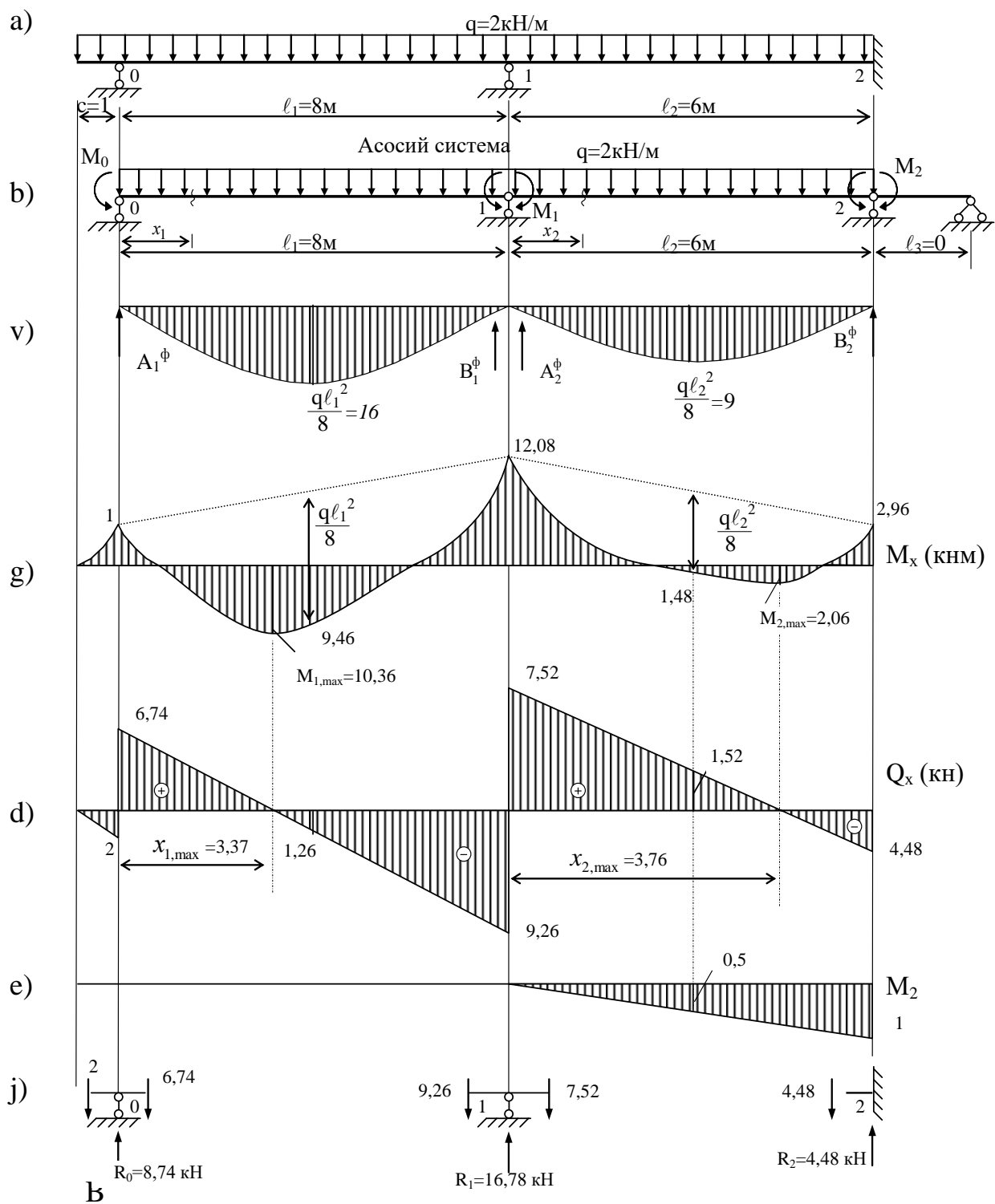
Demak, berilgan tutash balka ikki marta statik noaniq ekan.

Asosiy sistema tanlash. Buning uchun balkaning chap konsolidagi tashqi yuk ta'sirini tayanch momenti bilan almashtirib, balkaning qistirilgan o'ng tayanchi fikran davom ettirilib, yana bir oraliq qo'shiladi va oraliq tayanchlariga sharnirlar kiritiladi. U holda  $M_1$  va  $M_2$  tayanch momentlari noma'lum (33-rasm, b) hisoblanadi.

2. Uch momentlar tenglamasini tuzish va uni echish.

Oraliq sharnirlarning soniga qarab uch momentlar tenglamasini yozamiz.

$$\left. \begin{array}{l} 1 - \text{tayanч: } n = 1, M_0 l_1 + 2M_1(l_1 + l_2) + M_2 l_2 = -6(B_1^c + A_2^c) \\ 2 - \text{tayanч: } n = 2, M_1 l_2 + 2M_2(l_2 + l_3) + M_3 l_3 = -6(B_2^c + A_3^c) \end{array} \right\} \quad (a)$$



29-расм

Bu uch momentlar tenglamalar sistemasida  $M_0 = -\frac{qc^2}{2} = -1\text{кНм}$ ;  $M_3 = 0$ . Soxta

tayanch reaksiyalarni 29.1 jadvalga muvofiq aniqlaymiz.



$$6B_1^c = \frac{q \ell_1^3}{4} = \frac{2 \cdot 8^3}{4} = 256;$$

$$6A_2^c = 6B_2^\Phi = \frac{q \ell_2^3}{4} = \frac{2 \cdot 6^3}{4} = 108; \quad 6A_3^\Phi = 0$$

Aniqlangan ifodalarning qiymatlarini (a) tenglamaga qo'yib, uni qayta yozamiz.

$$\begin{cases} -1 \cdot 8 + 2M_1(8+6) + M_2 \cdot 6 = -256 - 108, \\ -M_1 \cdot 6 + 2M_2(6+0) + 0 = -108. \end{cases} \quad \text{yoki} \quad \begin{cases} 28M_1 + 6M_2 = -356, \\ -6M_1 + 12M_2 = -108. \end{cases}$$

Bu tenglamalar sistemasini yechib, noma'lum tayanch momentlari  $\bar{M}_1$  va  $\bar{M}_2$  ni aniqlaymiz.

$$M_1 = -12,08 \text{ kNm}; \quad M_2 = -2,96 \text{ kNm}.$$

### 3. Uzlüksiz balka uchun eguvchi moment epyurasini chizish.

Buning uchun balkaning har bir oraliq'ini oddiy balka bilan almashtiramiz. Oddiy balkalarga tashqi yukdan qurilgan  $M_p^0$  eguvchi moment epyura (29-rasm, v) ga tayanch momentlari ta'sirlarini qo'shish orqali, tutash balka uchun eguvchi moment epyurasi  $M_x$  chiziladi (29-rasm, g) yoki (29.5) formula yordamida hisoblanadi.

**Uzlüksiz balkaning ko'ndalang kuch  $Q_x$  epyurasi eguvchi moment epyura yordamida chiziladi.** Bunda ham tutash balkaning har bir oraliq'i oddiy balka deb qaraladi va (33.6) formuladan foydalaniladi.

$$1\text{-oralik} \quad 0 \leq x_1 \leq \ell_1 = 8 \text{ m};$$

$$Q_{01} = Q_{01}^0 + \frac{M_1 - M_0}{\ell_1} = \frac{q\ell}{2} - qx_1 + \frac{M_1 - M_0}{\ell_1} = 8 - 2x_1 + \frac{-12,08 + 1}{8} = 6,74 - 2x_1$$

$$\text{Agar } x_1=0 \text{ bo'lsa } Q_0^{yhz} = 6,74 \text{ kH};$$

$$x_1=\ell \text{ bo'lsa } Q_1^{uan} = -9,26 \text{ kH}.$$

$$2\text{-oralik} \quad 0 \leq x_2 \leq \ell_2 = 6 \text{ m}$$

$$Q_{12} = \frac{q\ell}{2} - qx_2 + \frac{M_2 - M_1}{\ell_2} = 6 - 2x_2 + \frac{-2,96 + 12,08}{6} = 7,52 - 2x_2$$

$$x_1=0 \text{ bo'lsa } Q_1^{yhz} = 7,52 \text{ kH};$$

$$x_1=\ell \text{ bo'lsa } Q_2^{uan} = -4,48 \text{ kH}.$$

Ko'ndalang kuch epyurasi 33-rasm, d da ko'rsatilgan.

**Maksimal eguvchi moment miqdorini aniqlash.** Balkaning ko'ndalang kuchi  $Q=0$  bo'lgan kesimlarida eguvchi moment maksimal qiymatga ega bo'lishini Juravskiy teoremasiga asosan bilamiz. U holda  $Q=0$  bo'lgan kesimlarni aniqlaymiz.

1-oraliq uchun  $Q_{01} = 6.74 - 2x_1 = 0$ , bundan  $x_1 = 6.74/2 = 3.37$  m

2-oraliq uchun  $Q_{12} = 7.52 - 2x_2 = 0$ , bundan  $x_2 = 7.52/2 = 3.76$  m

Maksimal momentlar qiymatini Juravskiy teoremasiga binoan aniqlasak:

$$M_{n,\max} = \int_0^{x_n} Q dx + M_n^{uan} = \omega_n + M_n^{uan},$$

bu erda  $\omega_n$ -n oraliqdagi ko'ndalang kuch epyurasining  $x_n$  kesimda chap tayanchiga bo'lgan epyurani yuzasi;  $M_n^{uan}$ -n oraliqdagi chap tayanch momenti.

$$M_{1\max} = (1/2) \cdot 6.74 \cdot 3.37 - 1 = 11.36 - 1 = 10.36 \text{ kNm.}$$

$$M_{2\max} = (1/2) \cdot 7.52 \cdot 3.76 - 12.08 = 2.06 \text{ kNm.}$$

**$M_x$  – eguvchi moment epyurasi to'g'riligini tekshirish** maqsadida deformatsion tekshirish o'tkaziladi. Buning uchun tutash balkaning 2-tayanchida burilish burchagi nolga tengligini tekshiramiz, ya'ni:

$$\varphi_2 = \sum \int \frac{M_x \bar{M}_2}{EI} dx = \frac{6}{6EI} (-12.08 \cdot 0 + 4 \cdot 1.48 \cdot 0.5 - 2.96) = \frac{1}{EI} (2.96 - 2.96) = 0.$$

**Uzluksiz balkaning tayanch reaksiyalarini aniqlash.** Balkaning har bir tayanch reaksiyasining miqdori (33.8) formulaga asosan topiladi (33-rasm, j):

$$R_1 = 6.74 + 2 = 8.74 \text{ kN}; \quad R_1 = 7.52 + 9.26 = 16.78 \text{ kN}; \quad R_2 = 4.48 \text{ kN};$$

**Balkaning to'g'ri hisoblanganligini tekshirish maqsadida umumiy statik tekshirish o'tkaziladi:**

$$\Sigma Y = 0; R_0 + R_1 + R_2 - q(s + l_1 + l_2) = 8.74 + 16.78 + 4.48 - 2 \cdot 15 = 30 - 30 = 0.$$

$$\Sigma M_2 = 0; R_0 \cdot 14 + R_1 \cdot 6 - q \cdot (15^2/2) - M_2 = 8.74 \cdot 14 + 16.78 \cdot 6 - 15^2 + 2.96 = 226 - 225 = 1.$$

$$\text{Xatolik} \quad \frac{1}{225} \cdot 100\% = 0.44\%$$

## 14-15 AMALIY MASHG'ULOTLAR

### MAVZU: STATIK NOANIQ RAMALARNI KO'CHISHLAR USULIDA HISOBLASH

#### Reja:

1. Ramaning kinematik noaniqlik darajasi aniqlash.
2. Rama uchun ko'chishlar usuli asosiy sistemasi tanlash.
3. Ko'chishlar usuli kanonik tenglamasi tuzish.
4. Birlik va tashqi yuk eguvchi moment epyuralari chizish.
5. Kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlari aniqlash.
6. Kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlari tekshirish.
7. Kanonik tenglama echilib, kiritilgan bog'lanishlardagi noma'lum ko'chishlar topish.
8. Tuzatilgan eguvchi moment epyuralari chizish.
9. Yakuniy eguvchi moment  $M_x$  epyurasi chizish.
10. Yakuniy eguvchi moment epyurasi  $M_x$  tekshirish.
11. Ko'ndalang kuch  $Q_x$  epyurasi chizish.
12. Bo'y lama kuch  $N_x$  epyurasi chizish.
13. Umumiy statik tekshirish o'tkazish.

*Misol. 33.1-rasm, a da ko'rsatilgan rama ko'chishlar usuli bilan hisoblansin.*

**Yechish: 1. Ramaning kinematik noaniqlik darajasi aniqlash.**

Berilgan ramaning kinematik noaniqlik darajasini (32.1) formulaga asosan aniqlaymiz:

$$n = n_{\sigma} + n_u$$

Berilgan ramaning biki tugunlari soni bitta bo'lganligi sababli, burchakli ko'chishlar soni  $n_{\sigma} = 1$  (1-tugun, 33.1-rasm, a). Ramadagi chiziqli ko'chishlar sonini aniqlash uchun ramaning biki tugunlari va biki tayanchlariga sharnirlar kiritib, sharnirli sxemani hosil qilamiz (33.1-rasm, b). Bu sharnirli sxemaning erkinlik darajasi ramaning chiziqli ko'chishlar soniga teng bo'lib, (32.2) formulaga asosan aniqlanadi:

$$n_{ch} = W_{shar.sns.} = 3D - 2SH - C_T = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 3 - 5 = 1$$

**U holda ramaning kinematik noaniqlik darajasi**

$$n = 1 + 1 = 2 \text{ ga teng bo'ladi.}$$

## 2.Rama uchun ko‘chishlar usuli asosiy sistemasi tanlash.

Ko‘chishlar usulining asosiy sistemasini tanlash uchun ramaning birk tuguni ko‘chishini birk bog‘lanish bilan gorizontol chizikli ko‘chishni gorizontol sterjenli bog‘lanish kiritish orqali cheklaymiz (33-rasm, v).

## 3.Ko‘chishlar usuli kanonik tenglamasi tuzish.

Ko‘chishlar usuli kanonik tenglamasini (32.5) ga asosan yozamiz.

$$\left. \begin{aligned} r_{11}Z_1 + r_{12}Z_2 + R_{1p} &= 0 \\ r_{21}Z_1 + r_{22}Z_2 + R_{2p} &= 0 \end{aligned} \right\}$$

## 4.Birlik va tashqi yuk eguvchi moment epyuralari chizish.

Kanonik tenglama koeffitsienlarini va ozod hadlarini aniqlash uchun asosiy sistemaga kiritilgan qo‘shimcha bog‘lanishlarni birlik  $\bar{Z}_1 = 1$  burchakli burilishidan va birlik  $\bar{Z}_2 = 1$  chizikli ko‘chishidan hamda tashqi yuklardan hosil bo‘lgan momentlar  $\bar{M}_1$ ,  $\bar{M}_2$  va  $M_P$  epyuralarini 32.1 – jadvaldan foydalanib chizamiz (Jadval 123-bet) (33.1 – rasm, g, d va e).

## 5. Kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlari aniqlash.

a)  $r_{11}$  ni kinematik va statik usullari yordamida aniqlashni qaraymiz.

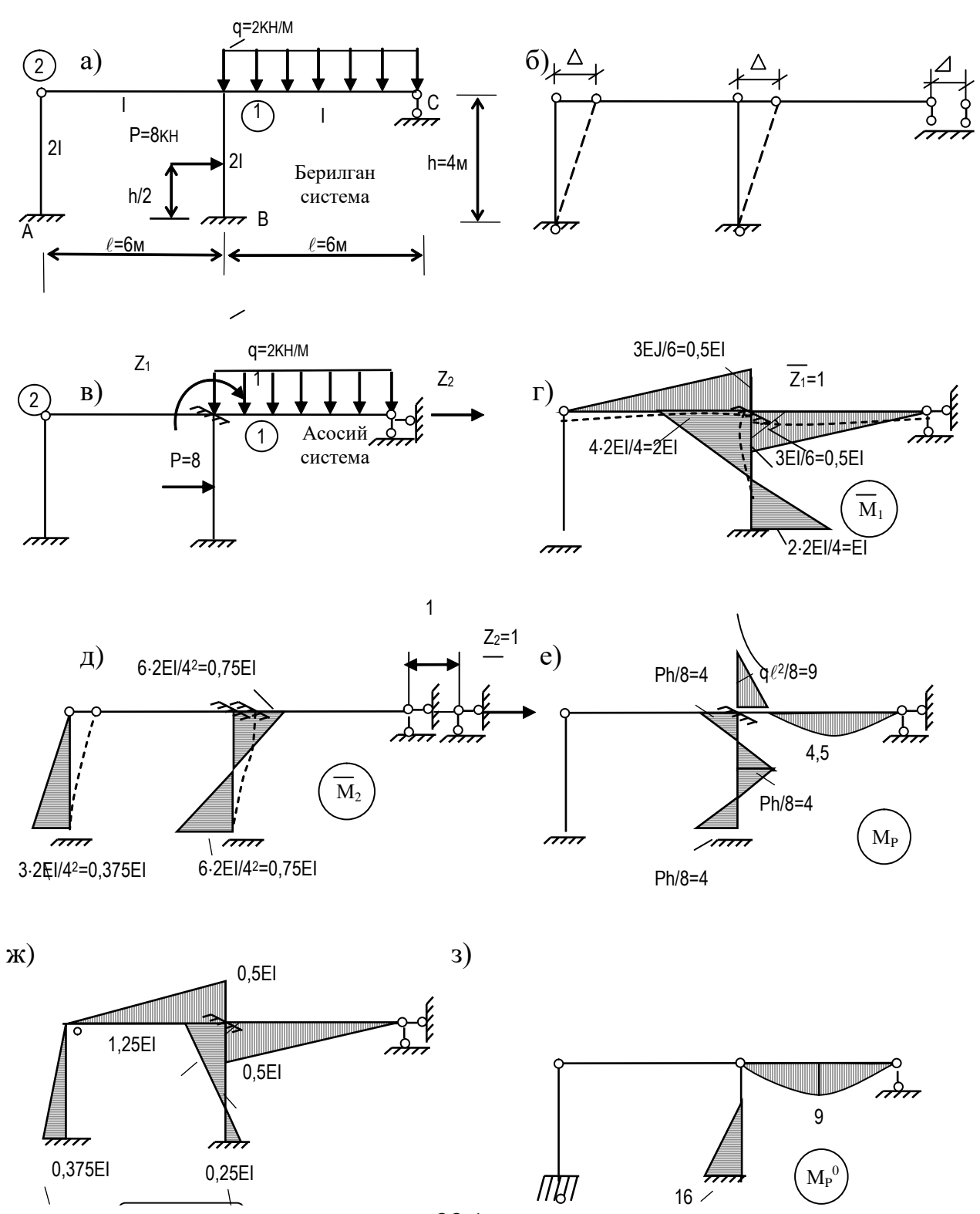
### Kinematik usul

$$r_{11} = \sum \int \frac{\bar{M}_1^2}{EI} dx = \frac{1}{EI} \left( \frac{0,5 \cdot EI \cdot 6}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 0,5 \cdot EI \right) \cdot 2 + \\ + \frac{4}{6 \cdot 2EI} (1 \cdot 2^2 + 4 \cdot 0,5^2 + 1^2) (EI)^2 = EI(1 + 2) = 3EI$$

**Statik usulda**  $r_{11}$  ni aniqlash uchun birinchi tugunni  $\bar{M}_1$  epyuradan qirqib olib, uning muvozanat shartini yozamiz (33.2-rasm, a):

$$\sum M_{11} = 0, \quad r_{11} - 0,5EI - 2EI - 0,5EI = 0; \quad r_{11} = 3EI.$$

Ushbu hisoblashlardan ko‘rinib turibdiki, statik usul kinematik usulga nisbatan sodda bo‘lib, hisoblashni osonlashtiradi. Kanonik tenglamaning qolgan koeffitsientlari va ozod hadlarini statik usulda aniqlaymiz.



33.1-rasm

$$M_s = M_1 + M_2$$

b)  $r_{12}$  va  $R_{1P}$  ni aniqlash uchun birinchi tugunni  $\bar{M}_2$  va  $M_P$  epyuralardan qirqib, ularning muvozanat shartini yozsak (33.2-rasm , b va v ):

$$\sum M_{12} = 0, \quad r_{12} + 0,75EI = 0; \quad r_{12} = -0,75EI;$$

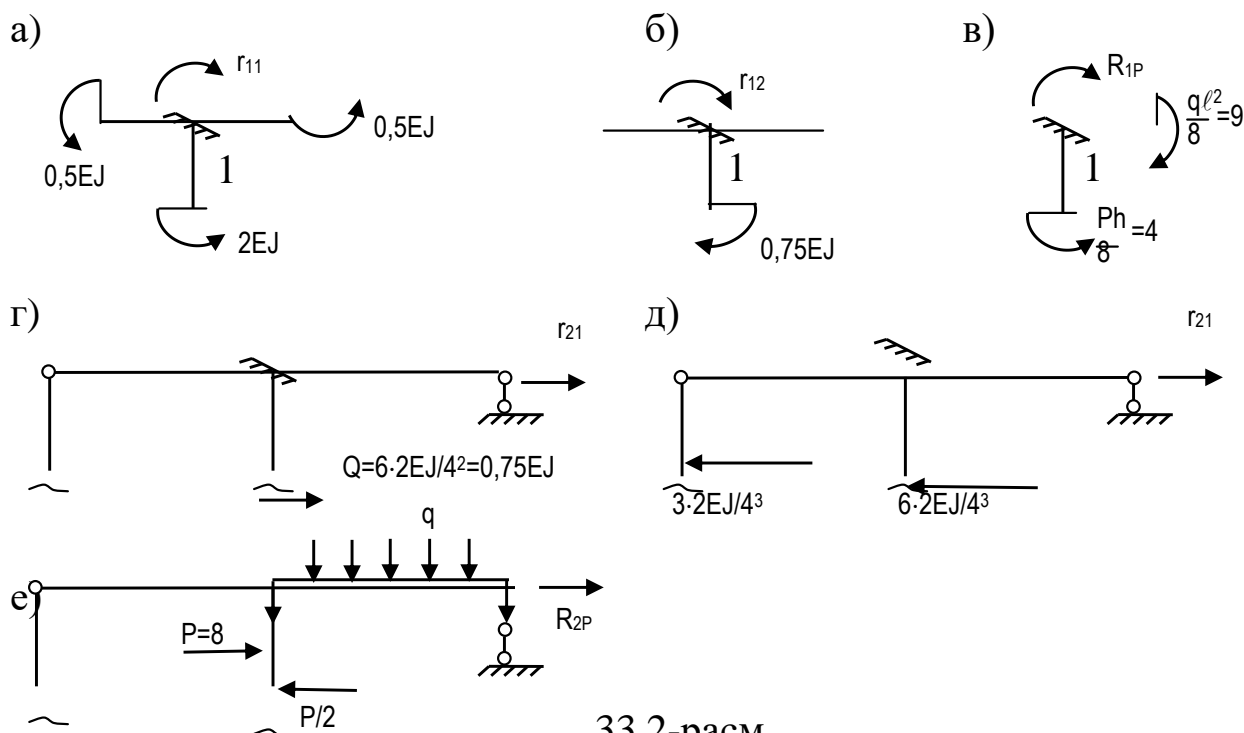
$$\sum M_{1P} = 0, \quad R_{1P} + 9 - 4 = 0; \quad R_{1P} = -5.$$

v)  $r_{21}$  ,  $r_{22}$  va  $R_{2P}$  lar  $Z_2$  gorizontal ko‘chish yo‘nalishida hosil bo‘lgan reaktiv kuchlar bo‘lganligi sababli ,  $\bar{M}_1$ ,  $\bar{M}_2$  va  $\bar{M}_P$  epyuralar qurilgan ramalarni gorizontal kontur bo‘yicha qirqamiz va bu epyuralardan asosiy sistemaga gorizontal yo‘nalishda ta’sir qiluvchi kuchlarni aniqlaymiz (33.2–rasm, g, d, va e) va ularning muvozanat tenglamalarini tuzamiz:

$$\sum X = 0, \quad r_{21} + 0,75EI = 0; \quad r_{21} = -0,75EI.$$

$$\sum X = 0, \quad r_{22} - \frac{24EI}{4^3} - \frac{6EI}{4^3} = 0; \quad r_{22} = \frac{30EI}{4^3} = 0,469EI.$$

$$\sum X = 0, \quad R_{2P} + p - \frac{P}{2} = 0; \quad R_{2P} = -\frac{P}{2} = -4.$$



33.2-rasm

## 6. Kanonik tenglama ko'effitsientlari va ozod hadlari tekshirish.

**a) universal tekshirish.** Kanonik tenglama ko'effitsientlarini tekshirish uchun, ( .2) formulaga asosan universal tekshirish o'tkazamiz. Buning uchun birlik epyuralarni yig'indisi  $\bar{M}_s = \bar{M}_1 + \bar{M}_2$  epyurani quramiz (33.2-rasm, j ).

$$\sum r = r_{11} + r_{22} + 2r_{12} = 3EI + 0,469EI - 2 \cdot 0,75EI = 1,969EI.$$

$$\begin{aligned} \sum r = r_{SS} &= \sum \int \frac{\bar{M}_s^2}{EI} dx = \frac{1}{EI} \left( \frac{0,5EI \cdot 6}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 0,5EI \right) \cdot 2 + \\ &+ \frac{1}{2EI} \left( \frac{0,375EI \cdot 4}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 0,375EI \right) + \frac{4}{6 \cdot 2EI} (1,25^2 + 4 \cdot 0,5^2 + 0,25^2) (EI)^2 = \\ &= EI + 0,094EI + 0,875EI = 1,969EI. \end{aligned}$$

Bu universal tekshirishning bajarilganligini tasdiqlaydi. Demak, kanonik tenglama koefitsientlari to'g'ri aniqlangan.

**b) ustun tekshirish.** Kanonik tenglama ozod hadlarining to'g'ri aniqlanganini bilish maqsadida ( 3) formulaga binoan ustun tekshirish o'tkaziladi. Buning uchun statik aniq ramaga tashqi yuklardan  $M_p^0$  eguvchi moment epyurasi quriladi. (33.2-rasm, z).

$$R_{sp} = R_{1p} + R_{2p} = -5 - 4 = -9$$

$$R_{sp} = - \sum \int \frac{\bar{M}_s M_p^0}{EI} dx = - \frac{1}{EI} (9 \cdot 6 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{0,5EI}{2}) - \frac{1}{2EI} (\frac{16 \cdot 2}{2} \cdot 0) = -9 - 0 = -9.$$

Ushbu tekshirishning bajarilishi kanonik tenglama ozod hadlari to'g'ri ekanligini tasdiqlaydi.

## 7. Kanonik tenglama echilib, kiritilgan bog'lanishlardagi noma'lum ko'chishlar topish.

Kanonik tenglamaga topilgan koefitsient va ozod hadlarni qo'yib, quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

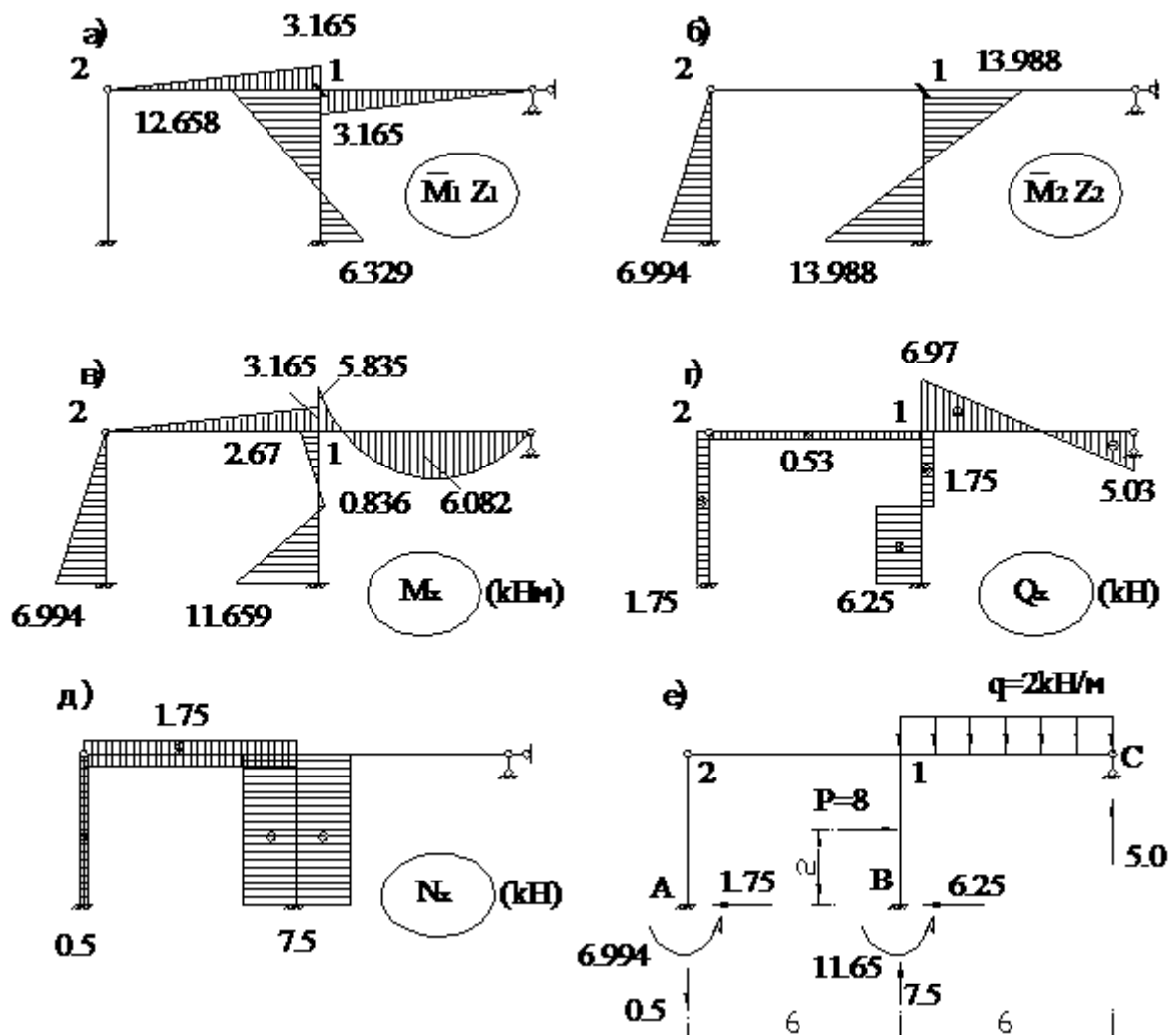
$$\begin{cases} 3EIZ_1 - 0,75EIZ_2 - 5 = 0 \\ -0,75EIZ_1 + 0,469EIZ_2 - 4 = 0 \end{cases}$$

Bu tenglamani yechib, noma'lum ko'chishlarni aniqlaymiz.

$$Z_1 = 6,329 / EI; \quad Z_2 = 18,650 / EI.$$

## 8. Tuzatilgan eguvchi moment epyuralari chizish.

Tuzatilgan eguvchi moment epyuralarini kurish uchun  $\bar{M}_1$  va  $\bar{M}_2$  birlik epyura ordinatalarini aniqlangan noma'lum ko'chishlarni  $Z_1 = 6,329 / EI$ ;  $Z_2 = 18,650 / EI$  kiyamatlariga kupaytiramiz.  $\bar{M}_1 Z_1$ ,  $\bar{M}_2 Z_2$  epyuralar 33.3-rasm, a, b larda ko'rsatilgan.



### 9. Yakuniy eguvchi moment $M_x$ epyurasi chizish.

Yakuniy eguvchi moment epyurasi (32.5) formulaga asosan quriladi:

$$M_x = M_p + \bar{M}_1 Z_1 + \bar{M}_2 Z_2.$$

$\bar{M}_1 Z_1$ ,  $\bar{M}_2 Z_2$  va  $M_x$  epyuralar 28.3-rasm, a, b va v larda ko'rsatilgan.

### 10. Yakuniy eguvchi moment epyurasi $M_x$ tekshirish.

$M_x$  epyurani tekshirish uchun statik tekshirish o'tkazamiz. Buning uchun ramaning 1- tuguni muvozanatini tekshiramiz (23.3 – rasm, v ).

Free body diagram of a node with moments:

- 3,165 (clockwise)
- 5,835 (counter-clockwise)
- 2,67 (clockwise)

$$\sum M_1 = 5,835 - 2,67 - 3,165 = 5,835 - 5,835 = 0$$



### 11. Ko'ndalang kuch $Q_x$ epyurasi chizish.

Ko'ndalang kuch epyurasini yakuniy eguvchi moment epyurasidan foydalanib, kuchlar usulidagilek bajariladi. 23.3-rasm, g da chizilgan.

### 12. Bo'ylama kuch $N_x$ epyurasi chizish.

Bo'ylama kuch ko'ndalang kuch epyurasidan foydalanib, kuchlar usulidagilek bajariladi. 28.3-rasm, d da chizilgan.

### 13. Umumiy statik tekshirish o'tkazish.

Ramaning to'g'ri hisoblanganini tekshirish maqsadida umumiy statik tekshirish o'tkazamiz (23.3-rasm, e).

$$\sum X = 0, \quad 8 - 1,75 - 6,25 = 8 - 8 = 0.$$

$$\sum Y = 0, \quad -0,53 + 7,5 + 5,03 - 2 \cdot 6 = 12,53 - 12,53 = 0.$$

$$\begin{aligned} \sum M_B = 0, \quad & -0,53 \cdot 6 + 8 \cdot 2 + 2 \cdot 6 \cdot 3 - 5,03 \cdot 6 - 6,994 - 11,659 = \\ & = 52 - 52,013 = -0,013. \end{aligned}$$

bu yerda xatolik  $\% = \frac{0,013}{52} \cdot 100\% = 0,025\% < 1\%$ .

Demak, rama to'g'ri hisoblangan.

---

# MUSTAQIL TA'LIM MASHG'ULOTLARI

---

## Mustaqil ta'lim

Mustaqil ta'lim uchun tavsiya etiladigan mavzular:

1. Statik aniq va statik aniqmas masalalar. Bir nechta jismdan tashkil topgan sistemaning muvozanati.

2. Tayanchlar va ularning turlari.

3. Teng qarshilikli sterjenlar.

4. Sterjenlarni chekli yuk ko'tara olish qobiliyati bo'yicha hisoblash.

5. Teng qarshilikli balkalar.

6. O'zgaruvchan kesimli sterjenlarning ustivorligi masalasi.

7. Vaqt bo'yicha davriy o'zgaruvchan kuchlanishlarda materiallar mustahkamligi.

8. Inshootga ta'sir etuvchi yuklar va ularning turlari.

9. Ta'sir chiziqlarini chizishning kinematik usuli.

10. Murakkab fermalarning geometrik o'zgarmasligini tadqiq etish.

11. Fermalarning ratsional shakllarini tanlash.

12. Arka o'qining ratsional shakli.

13. Uch sharnirli arkasimon fermalarni harakatlanuvchi yuklar ta'siriga hisoblash.

14. Statik noaniq sistemalarni temperatura ta'siriga hisoblash.

15. Statik noaniq sistemalarni tayanchlar cho'kishiga hisoblash.

16. Statik noaniq sistemalarni kuchlar usuli bilan matritsalar yordamida hisoblash.

17. Statik noaniq sistemalarni chekli elementlar usuli yordamida hisoblash.

---

# GLOSSARIY

---

## Glossary

№	Atamaning o'zbek tilida nomlanishi	Atamaning rus tilida nomlanishi	Atamaning ingliz tilida nomlanishi	Atamaning ma'nosi
1.	Materiallar qarshiligi	Soprotivleniya materialov	Strength of materials	Inshootvamashina elementlarinitashqi kuchlarta'sirida mustahkamligi, bikrligivaustivorligini o'rganuvchifan.
2.	Deformatsiya	Deformatsiya	Deformation	(lotincha deformatio – shakl o'zgartirish) - tashqi kuchlar ta'sirida jismning o'lchamlari, shakli va xajmini o'zgarishi aytiladi. Deformasiyaning asosiy turlari to'rtta: cho'zilish, sofsiljish, buralish, egilish.
3.	Mexanik kuchlanish	Mexanicheskoe napryajenie	Mechanic stress	Tashqi kuchlar ta'sirida deformasiyalanuvchi qattik jismda hosil bo'ladigan ichki kuchlar intensivligi SI sistemasida kuchlanish birligi Pa ( n/m <sup>2</sup> ).
4.	Absolyut deformasiya	Absolyutnaya deformasiya	Absolut deformation	Jismo'lchamlarinitashqikuchta'sirida o'zgarishi.
5.	Elastik deformasiya	Uprugaya deformasiya	Elastic deformation	Tashqi kuchlar ta'siri yo'qotilganda o'zi ham yo'q bo'ladigan deformasiya.
6.	Plastik deformasiya	Plasticheskaya deformasiya	Plastic deformation	Tashqi kuchlar ta'siri yo'qotilganda ham saqlanadigan deformasiya.
7.	Plastiklik	Plastichnost	Plasticity	(rlasticity) - qattiq jism o'lchamlari va shaklinitashqi kuchlar ta'sirida darzlsiz o'zgarishi. Bu o'lchamlar vashakl tashqi kuchlar ta'siridan keyin ham saqlanadi.
8.	Guk qonuni	Zakon Guka	Statute of Guk	(Ingliz fizigi R. Guk 1635-1703) – cho'zilish va siqilishda hosil bo'ladigan bo'ylanma kuchlanishlarni nisbiy deformasiya bilan bog'lanishini ifodalovchi qonun.

9.	Elastiklik moduli	Modul uprugosti	Modules of elasticity	(modulus of elasticity, Yung moduli) materialni cho‘zilish – siqilishga qarshilik ko‘rsatish qobiliyatini ifodalovchi koeffisient.
10.	Bikrlik	Jestkost	Hardness	(stiffness) – jismning tashqi kuchlar ta’sirida o‘z shaklini saqlash qobiliyati.
11.	Cho‘zilish va siqilish	Rastyajenie i sjatie	Straining and pressure	Faqat brus bo‘ylanma o‘qi bo‘ylab tashqi kuchlar ta’sirida hosil bo‘ladigan kuchlanganlik – deformatsiya holati.
12.	Egilish	Izgib	Bending	Brus bo‘ylanma o‘qi egriligining tashqi kuchlar ta’sirida o‘zgarishi.
13.	Buralish	Kruchenie	Torsion	Brus bo‘ylama o‘qidagi ko‘ndalang kesimlarning juft kuchlar ta’sirida hosil bo‘ladigan o‘zaro aylanishi bilan xarakterlanadigan deformatsiya turi. Buralishga ishlovchi brusni val deb ataladi.
14.	Sof siljish	Chistyý sdvig	Shear	Brus bo‘ylama o‘qidagi kundalang kesimlarning shaklini va o‘lchamlarini o‘zgarishi bilan bog‘liq bo‘lgan deformatsiya turi. Bunda kesimlar orasidagi masofalar o‘zgarmay qoladi.
15.	Elastiklik kuchi	Uprugaya sila	Force of elasticity	Deformasiyalanuvchi qattiq jismda jism zarrachalari ko‘chishiga qarama-qarshi yo‘nalishdagi hosil bo‘ladigan kuchlar.
16.	Murakkab qarshilik	Slojnoe soprotivlenie	Complexity strength	Deformasiyalanuvchi qattiq jismda bir necha turdagi deformatsiyalarning bir vaqtning o‘zida hosil bo‘ladigan kuchlanganlik – deformatsiya holati.
17.	Elastik deformatsiyalanuvchi qattiq jismning potensial energiyasi	Potensialnaya energiya deformiruemogo tverdogo tela	Potential energy elastic rigid solid	Elastik deformatsiyalanuvchi jismning ichki kuchlanishlarining bajargan ishini xarakterlovchi miqdor.
18.	Sof egilish	Chistyý izgib	Bending	Brus ko‘ndalang kesimlarida faqat eguvchi moment hosil bo‘ladigan deformatsiya turi.

19.	Qiyshiq egilish	Kosoy izgib	Oblique bending	Tashqi kuchlar ta'sir etuvchi tekislik brusning birorta ham bosh tekisligi bilan mos tushmagan holdagi hosil bo'ladigan deformatsiya turi.
20.	Ko'ndalang egilish	Poperechnyy izgib	Transverse of bend	Brus ko'ndalang kesimlarida eguvchi moment va ko'ndalang (kesuvchi) kuch hosil bo'ladigan deformatsiya turi.
21.	Bo'ylama - ko'ndalang egilish	Prodolno – poperechnyye izgib	Longitudinal – transverse bending	Bir paytda brus o'qi bo'ylab va unga perpendikulyar yo'nalgan kuchlar ta'sirida hosil bo'ladigan kuchlanganlik - deformatsiya holati.
22.	Ichki ishqalanish holati	Vnutrennee trenie	Inside friction condition	Qattiq jismda zarralarning o'zaro ishqalanishi natijasida ichki energiyaning sarflanishi bilan bog'liq bo'lgan holat.
23.	Tenzometr	Tenzometr	Tenzometr	Materiallarning fizik-mexanik xarakteristikalarini va deformatsiyalarini o'lchaydigan asbob.
24.	Tutash muhitlar mexanikasi	Mexanika mnogofaznyx sred	Mechanic variete medium	Qattiq, suyuq va gazsimon jismlarning muvozanati va xarakatini, deformatsiya-kuchlanganlik holatini o'rganuvchi mexanikaning bir bo'limi.
25.	Elastiklik nazariyasi	Teoriya uprugosti	Theory of elasticity	Mexanikaning bo'limlaridan biri bo'lib, jismning deformatsiya holatini (ko'chish, deformatsiya va kuchlanish) elastiklik chegarasida o'rganadi.
26.	Elastiklik chegarasi	Predel uprugosti	Limit of elasticity	Guk qonuniga amal qiladigan kuchlanishning eng katta qiymati.
27.	Plastiklik nazariyasi	Teoriya plastichnosti	Theory of plasticity	(theory of plasticity) - mexanikaning jism deformatsiya holati elastiklik chegarasidan o'tgandan keyin qoldiq deformatsiya paydo bo'lishi sabablari va qonuniyatlarini o'rganadigan qismi.

28.	Balka	Balka	Beam	To'sin, egilishga ishlaydigan element. Ko'priklar, tom yopmalari, mashina o'qlari kabilar bunga misol bo'la oladi.
29.	Rama	Rama	Frame	Ustun va to'sinlar (sarrovlar)dan tashkil topgan qurilish konstruksiyasi (yoki uning hisoblash sxemasi). Rus tilida ustunni – kolonna yoki stoyka, sarrovni – rigel deyiladi.
30.	Ferma	Ferma	Farm	To'g'ri chizikli sterjenlarni tugunlarda birlashtirish yo'li bilan hosil qilingan qurilish konstruksiyasi ferma deb ataladi.
31.	Sterjen	Sterjen	Rod	Siqilish, cho'zilish, egilishga ishlaydigan element, brus.
32.	Arka	Arka	Arc	Egri o'qli sterjenlardan tashkil topgan qurilish konstruksiyasi. Ikki sharnirli, uch li va sharnirsiz arkalar bo'ladi.
33.	Sharnir	Sharnir	Joint	Ikki yoki undan ortiq elementlarni o'zaro biriktirib turuvchi unsur bo'lib, elementlarni o'zi atrofida aylanish imkonini beradi.
34.	Mustahkamlik	Prochnost	Durability	Jismning tashqi kuchlar ta'siriga emirilmasdan qarshilik qilish qobiliyati.
35.	Ustuvorlik	Ustoychivost	Stability	Konstruksiya va uning elementlarini tashqi kuchlar ta'sirida o'z shaklini saqlash qobiliyati.
36.	Kuch	Sila	Force	Jismlarning bir-birlariga ko'rsatgan o'zaro ta'sirlarining miqdor o'lchovi.
37.	Tashqi kuchlar	Vneshnie silы	External force	Hisoblanayotgan konstruksiya elementiga uning boshqa qismlaridan ta'sir qiluvchi kuchlar
38.	Sirtqi kuchlar	Poverxnostные silы	Superficial force	Jismning sirtiga qo'yilgan kuchlar



39.	To'plangan kuchlar	Sosredotochenные silы	Concentrated force	Jismning o'z o'lchamiga nisbatan juda kichik sirtiga ta'sir qiluvchi kuch.
40.	Yoyilgan kuch	Raspredeleнные silы	Distributing force	Jism sirtining biror qismiga taqsimlanib ta'sir qiluvchi kuch.
41.	Xajmiy kuchlar	Ob'ёмные silы	Volume force	Jismning barcha ichki nuqtalariga ta'sir qiluvchi kuch.
42.	Statik kuch	Statischeckaya sila	Static force	O'z miqdori, qo'yilgan nuqtalari yoki yo'nalishlarini asta – sekin o'zgartiruvchi kuch.
43.	Dinamik kuch	Dinamichesckaya sila	Dynamic force	O'z miqdori va qo'yilgan nuqtalarini qisqa vaqt ichida katta tezlik bilan o'zgartiruvchi kuch.
44.	Ichki kuchlar	Vnutrennie silы	Inwardly force	Tashqi kuch ta'sirida deformasiyalangan jismning ichki kesimlarida hosil bo'lgan kuch.
45.	Kesish usuli	Metod secheniy	Method of section	Deformasiyalangan jism kesimlarida hosil bo'ladigan ichki kuchlarni hisoblash usuli.
46.	Normal kuchlanish	Normalnoe napryajenie	Normal stress	Jism kesim yuzasiga perpendikulyar yo'nalgan ichki kuchlar intensivligi.
47.	Urinma kuchlanish	Kasatelnoe napryajenie	Tangential stress	Kesim yuzasiga parallel yo'nalgan ichki kuchlar intensivligi.
48.	Asosiy oddiy turdagi deformasiyalar	Osnovные простые виды деформаций	The main common types of deformation	Tashqi kuchlar ta'sirida konstruktsiya ko'ndalang kesimida faqat bitta ichki kuch paydo bo'ladi. Ular to'rta: cho'zilish-siqilish, sof siljish, buralish va egilish.
49.	Puasson koeffisienti	Koeffisient Puassona	Puasson coefficient	Bo'ylama va ko'ndalang deformasiyalar nisbatini belgilovchi kattalik.
50.	Ruxsat etilgan kuchlanish	Dopuskaemoe napryajenie	Assumptive stress	Konstruktsiya elementining mustahkam ishlashi uchun mumkin bo'lgan eng katta kuchlanish.
51.	Mustahkamlik sharti	Uslovie prochnosti	Condition of strong	Konstruktsiya elementida hosil bo'ladigan kuchlanish ruxsat etilgan kuchlanishdan kichik bo'lishi kerak.
52.	Bosh yuzalar	Главные площадки	Central area	Urinma kuchlanishlar nolga teng yuzalar

53.	Bosh normal kuchlanish	Glavnoe normalnoe napryajenie	Central normal stress	Bosh yuzalarga ta'sir qilgan kuchlanish.
54.	Tekis kesim yuzasining geometrik xarakteristika-lari	Geometricheskie xarakteristiki ploskix secheniy	The geometric characteristics of the plane sections	Kesim yuzasi, yuza og'irlik markazi, statik moment va o'qlarga nisbatan inersiya momentlari.
55.	Markaziy o'qlar	Sentralnye osi	Central axis	Og'irlik markazidan o'tgan o'zaro perpendikulyar o'qlar.
56.	Bosh o'qlar	Glavnye osi	The main axis	O'qlarga nisbatan markazdan qochirma inersiya momenti nolga teng.
57.	Markaziy bosh o'qlar	Sentralnye glavnye osi	The central axis of the main	Kesimning og'irlik markazidan o'tgan bosh o'qlar.
58.	Val	Val	Wall	Buralishga ishlaydigan silindrik sterjen.
59.	Epyura	Epyura	Curve	Eguvchi moment, ko'ndalang va bo'ylama kuchlarning balka o'qi bo'ylab o'zgarishini ko'rsatuvchi grafik.
60.	Xavfli kesim	Opasnoe sechenie	Dangerous section	Epyura orqali aniqlanadigan kuchlanishlar maksimal qiymat qabul qiladigan kesim.

---

**ILOVALAR**

---

---

**FAN DASTURI**

---

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIV VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

**TOSHKENT ARHITEKTURA QURILISH INSTITUTI**

“TASDIQLAYMAN”

\_\_\_\_\_ Hakimov R.R.  
201\_\_ yil “\_\_” \_\_\_\_\_

“KELISHILDI”

Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligi

\_\_\_\_\_

201\_\_ yil “\_\_” \_\_\_\_\_

Ro‘yxatga olindi: № \_\_\_\_\_  
201\_\_ yil “\_\_” \_\_\_\_\_

**QURILISH MEXANIKASI VA QURILISH  
KONSTRUKSIYALARI**

**FAN DASTURI**

**Bilim sohasi:** 300000 – Ishlab chiqarish – texnik soha

**Ta‘lim sohasi:** 310000 – Muhandislik ishi

**Ta‘lim yo‘nalishi:** 5312000 – Menejment

**Toshkent – 2018**

Fan dasturi Oliy va o'rta maxsus, kasb-hunar ta'limi yo'nalishlari bo'yicha O'quv-uslubiy birlashmalar faoliyatini Muvofiqlashtiruvchi Kengashining 201\_\_ yil "\_\_\_" \_\_\_\_\_dagi "\_\_\_"-sonli bayonnomasi bilan ma'qullangan.

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 201\_\_\_\_yil "\_\_\_" \_\_\_\_\_dagi \_\_\_\_\_-sonli buyrug'i bilan ma'qullangan fan dasturlarini tayanch oliy ta'lim muassasasi tomonidan tasdiqlashga rozilik berilgan.

Fan dasturi Toshkent arxitektura qurilish institutida ishlab chiqildi.

### **Tuzuvchilar:**

Z.S.Shadmanova	TAQI, "Qurilish mexanikasi va inshootlar zilzilabardoshligi" kafedrasini mudiri, texnika fanlari nomzodi
S.Yusufxo'jaev	"Qurilish konstruksiyalari" kafedrasini mudiri, dosent

### **Taqrizchilar:**

Mirsaidov M.M.	– Toshkent irrigasiya va meliorasiya instituti "Nazariy va qurilish mexanikasi" kafedrasini mudiri, texnika fanlari doktori, akademik
N. Shoumarov	– TTYMI "Bino va sanoat inshootlari qurilishi" kafedrasini dosenti, texnika fanlari nomzodi.

Fan dasturi Toshkent arxitektura-qurilish instituti Kengashida ko'rib chiqilgan va tavsiya qilingan (201\_\_ yil "\_\_\_" \_\_\_\_\_dagi "\_\_\_"-sonli bayonnomasi).

#### **I. O'quv fanining dolzarbligi va oliy kasbiy ta'limdagi o'rni**

Qurilish mexanikasi va qurilish konstruksiyalari fani Nazariy mexanika, Materiallar qarshiligi, qurilish mexanikasi, metall konstruksiyalar, temirbeton konstruksiyalar fanlaridan tashkil topgan bo'lib, "Arxitektura va qurilish" sohasida tahsil olayotgan talabalar uchun asosiy umumkasbiy

fanlardan biri hisoblanadi. Qurilish mexanikasi – konstruksiya va inshootlarni mustahkamligi, bikirligi va ustivorligini hisoblash va loyihalash hamda inshootlarni mustahkamligini hisoblash yo‘li bilan uzoq muddatga chidamligini ta’minlaydigan fandır.

Qurilish konstruksiyalari” fani qurilish yo‘nalishlarida tahsil olayotgan talabalarga qurilish konstruksiyalarini loyihalash, hisoblash, konstruktiv echimlarni topish bo‘yicha zarur ma’lumot va ko‘nikmalarga ega bo‘lishni, qurilish sohasidagi me‘yoriy hujjatlar, texnik-informasion adabiyotlardan oqilona foydalanishga o‘rgatadi.

## II. O‘quv fanining maqsadi va vazifasi

Fanning o‘qitilishidan maqsad - talabalarga inshoot elementlarida, konstruksiyalarida hosil bo‘ladigan zo‘riqishlar va deformatsiyalarni aniqlash usullarini, hamda mustahkamlikka, bikirlikka va ustivorlikka mazkur konstruksiyalarni hisoblash usullari bo‘yicha mos bilim, ko‘nikma va malaka shakllantirishdir.

Fanning vazifasi - talabalarda inshootlarni loyihalash jarayonida asosiy masalalardan biri hisoblangan loyiha-konstruktorlik hisoblari bo‘yicha boshlang‘ich ko‘nikmalar hosil qilishdan iborat.

Fan bo‘yicha talabalarining bilim, ko‘nikma va malakalariga quyidagi talablar qo‘yiladi. **Talaba:**

- turli xil, tekislikda va fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar tizimlari ta’siridagi qattiq jismning muvozanat shartlari, qattiq jismning og‘irlik markazining topish usullari; mexanik harakatdagi qattiq jismning harakat shakllari, atrof-muhitda sodir bo‘layotgan o‘zgarishlarni hisobga olgan holda mexanik harakatning qonuniyatlari; dinamikaning asosiy qonun va tamoyillari, mexanik tizimlarni harakatining differensial tenglamalari, qattiq jism dinamikasining umumiy teoremlari; inshoot elementlarida ichki kuchlarni aniqlash, oddiy deformatsiya turlarida vujudga keladigan kuchlanish va deformatsiyalar, bino va inshootlarning hisoblash sxemasi va ularning kinematik analizi; ta’sir chiziqlar nazariyasi, elastik sistemalarda vujudga keladigan ko‘chishlar, statik aniq va noaniq sistemalarni hisoblash usullari; qurilish konstruksiyalarni chegaraviy holatlar bo‘yicha hisoblash asoslari; yuklar va ta’sirlar, ishonchlilik koeffisientlari, beton va metallning hisobiy qarshiligi; egiluvchi temirbeton elementni ko‘ndalang va qiya kesim yuzasi bo‘yicha hisoblash; cho‘zilishga va siqilishga ishlaydigan elementlarni birinchi va ikkinchi guruh chegaraviy holatlar bo‘yicha hisoblash asoslarini **haqida tasavvurga ega bo‘lishi;**

- nazariy mexanika kursining asoslarini; muvozanat hamda harakatni o‘rganishda hisoblarni bajarish uchun; inshoot konstruksiyalarining hisobiy modellarini to‘g‘ri tanlashni; amaliy masalalarni echishda kursning hisob formulalarini; mexanik tizimlarning hisoblash uslublarini bino va inshootlarning hisoblash sxemasini va ularning kinematik analizini; ta’sir chiziqlar nazariyasini; statik aniq va noaniq sistemalarni qo‘zg‘almas va qo‘zg‘aluvchi yuklar ta’siriga hisoblashni; elastik sistemalarda ko‘chishlarni aniqlashni; bino va inshootlarning konstruksiyalari, tom yopma va orayopma konstruksiyalari, poydevorlarini hisoblash va loyihalash; yig‘ma va quyma temirbeton sinchli binolar, bir qavatli sanoat binosining konstruktiv echimi, hisobiy sxemasini tuzish va hisoblash **bilishi va ulardan foydalana olishi;**

- nazariy mexanika kursida olgan bilimni muhandislik va maxsus fanlarni o‘tish jarayonida qo‘llash va tatbiq etish; bino va inshootlar elementlarining hisobiy modellari tanlash, bino va inshootlar hisoblash sxemalarini tanlash; elastik sistemalarda ko‘chishlarni aniqlash; statik aniq va noaniq sistemalarni qo‘zg‘almas va qo‘zg‘aluvchi yuklar ta’siriga hisoblash; statik noaniq sistemalarni hisoblashda zamonaviy kompyuter texnologiyalaridan foydalanish; amaldagi me‘yoriy hujjatlar, ma’lumotlar beradigan yordamchi adabiyotlar, kompyuter dasturlari va internetdan foydalanish; mustaqil o‘rganish, amaliy yozma kurs ishlarini bajarish hamda muhandislik fikrlash bo‘yicha amaliy **ko‘nikmalariga ega bo‘lishi kerak.**

## III. ASOSIY NAZARIY QISM (Ma’ruza mashg‘ulotlari)

### 1-modul. Statika

#### 1-mavzu. Nazariy mexanika faniga kirish.

Statikaning asosiy tushunchalari: absolyut qattiq jism, kuch, ekvivalent va muvozanatdagi kuchlar sistemalari, teng ta'sir etuvchi, muvozanatlovchi kuch. Statika aksiomalari. Bog'lanishlar va bog'lanish reaksiya kuchlari.

## **2-mavzu. Kesishuvchi kuchlar sistemasi.**

Kuchlarni qo'shishning geometrik va analitik usullari. Bir nuqtaga qo'yilgan kesishuvchi kuchlar sistemasi. Kesishuvchi kuchlar sistemasini geometrik usulda qo'shish. Kesishuvchi kuchlar sistemasi teng ta'sir etuvchisini analitik usulda aniqlash. Kesishuvchi kuchlar sistemasi muvozanati shartlarining geometrik va analitik usulda ifodalanishi. Uch kuchning muvozanatiga oid teorema.

## *3-mavzu. Kuchning nuqtaga nisbatan momenti. Juft kuch*

Kuchning aylanma xarakat qila oladigan jismlarga ta'siri. Kuchning nuqtaga nisbatan algebraik momenti. Juft kuch va uning xossalari. Juftning algebraik momenti. Ekvivalent juftlar haqida teoremlar. Bir tekislikda joylashgan juftlarni qo'shish. Juftlar sistemasining muvozanat shartlari.

## **4-mavzu. Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi.**

Kuchni o'ziga parallel ko'chirish masalasi. Tekislikdagi kuchlar sistemaini bir markazga keltirish (qo'shish). Tekislikdagi kuchlar sistemaining bosh vektori va bosh momenti hamda ularni hisoblash formulalari. Tekislikdagi kuchlar sistemaini juftga yoki teng ta'sir etuvchiga keltirish hollari. Varinon teoremasi. Tekislikdagi kuchlar sistemaining muvozanati. Tekislikdagi kuchlar sistemai muvozanat shartlarining uch xil ko'rinishi.

## **5-mavzu. Statik aniq va statik noaniq masalalar.**

Tekislikdagi parallel kuchlar, richagning muvozanati. Bir necha jismdan tashkil topgan sistema muvozanati. Statik aniq va statik noaniq masalalar.

## **6-mavzu. Jismning og'irlik markazi.**

Parallel kuchlar sistemasini teng ta'sir etuvchiga keltirish. Parallel kuchlar markazi va uning radius vektori xamda kordinatalarini aniqlash formulalari. Qattiq jismning og'irlik markazi; bir jinsli hajm, yuza va chiziq og'irlik markazi. Jismning og'irlik markazi holatini aniqlash usullari. Ba'zi bir jinsli jismlar og'irlik markazini aniqlash formulalari.

## **2-modul. Materiallar qarshiligining asosiy tushunchalari**

### **7-mavzu. Materiallar qarshiligi faniga kirish.**

Asosiy tushunchalar. Fanning maqsad va vazifalari. Fan tekshiradigan masalalar. Fanning rivojlanish tarixi va boshqa fanlar bilan uzviy bog'liqligi. Inshoot elementlarining modellari. Deformasiyalanuvchi qattiq jismning asosiy xususiyatlari. Materiallar qarshiligida qabul qilingan asosiy gipoteza va cheklanishlar. Tashqi kuchlar va ularning turlari. Tayanchlar va ularning turlari.

## **8-mavzu. Tekis kesim yuzalarining inersiya momentlari.**

Tekis kesim yuzalarining statik momentlari. Tekis kesimning og'irlik markazi. Tekis kesim yuzasining qutb inersiya momenti. Tekis kesimning o'q va markazdan qochma inersiya momentlari. Oddiy kesimlarning inersiya momentlari. Tekis kesim yuzining markaziy o'qqa parallel o'qqa nisbatan inersiya momenti. Koordinata o'qlari burilganda inersiya momentlarining o'zgarishi. Bosh inersiya o'qlari va bosh inersiya momentlari. Tekis kesim yuzalarining inersiya radiuslari.

## **9-mavzu. Ichki kuchlarni aniqlash.**

Kesish usuli. Ichki kuchlar. Kuchlanishlar. Normal, urinma va to'la kuchlanishlar. Oddiy deformatsiya turlari.



### **3-modul. Cho‘zilish yoki siqilish deformasiyasi**

#### **10-mavzu. Cho‘zilish yoki siqilishda kuchlanish va deformasiya.**

Sterjenning ko‘ndalang kesimida vujudga keladigan zo‘riqish kuchlari. Bo‘ylama kuchlarni aniqlash va ularning epyuralarini chizish. Sterjenning ko‘ndalang kesimidagi kuchlanishlar. Bo‘ylama deformasiya. Guk qonuni. Sterjen ko‘ndalang kesimining ko‘ndalang deformasiyasi. Puasson koeffisienti.

#### **11-mavzu. Cho‘zilish yoki siqilishga ishlaydigan sistemalarni mustahkamlikka va bikirlikka hisoblash.**

Ruxsat etilgan kuchlanish. Ehtiyot koeffisienti. Sterjenning cho‘zilish yoki siqilishdagi mustahkamlik sharti. Sterjenning cho‘zilish yoki siqilishdagi bikirlik sharti. Cho‘zilgan yoki siqilgan sterjenlarning xususiy og‘irligini hisobga olish. Pog‘onali sterjenlar. Cho‘zilish yoki siqilishda uchraydigan statik noaniq masalalar. Statik noaniqlik darajasi. Statik noaniq sistemalarni hisoblash tartibi. Statik noaniq sistemalarda ichki kuchlarni aniqlash.

### **4-modul. Egilish deformasiyasi.**

#### **12-mavzu. To‘g‘ri sterjenning tekis egilishi.**

Umumiy tushunchalar. Balka kesimlaridagi ichki kuchlarni aniqlash. Ichki kuchlarning epyuralarni chizish. Eguvchi moment, ko‘ndalang kuch va yoyilgan kuch orasidagi differensial munosabatlar. Sof egilish. Normal kuchlanishlarni aniqlash. Tekis shakllarning qarshilik momenti. Balkalarning normal kuchlanish bo‘yicha mustahkamligini tekshirish. Ko‘ndalang egilish. Egilishdagi urinma kuchlanishlarni aniqlash. Balkalarning mustahkamligini urinma kuchlanishlar bo‘yicha tekshirish.

#### **13-mavzu. Balkaning egilishdagi deformasiyalarini aniqlash.**

Balkalarning salqiligi va kesimlarning aylanish burchagi. Egilgan o‘qning differensial tenglamasi. Balka egilgan o‘qining taqribiy differensial tenglamasi va uning integrallari. Egilgan o‘qning boshlang‘ich parametrlar orqali ifodalangan tenglamasi. Balkalarning bikirlik sharti.

### **5-modul. Murakkab qarshilik.**

#### **14-mavzu. Qiyshiq egilishda kuchlanish va deformasiya.**

Brus murakkab deformasiyasining ko‘rinishlari. Ichki kuchlarni aniqlash. Qiyshiq egilishda balka kesimlaridagi normal kuchlanishlarni aniqlash. Qiyshiq egilishda balkaning deformasiyasini aniqlash. Qiyshiq egilishda balkaning mustahkamlik va bikirlik shartlari.

#### **15-mavzu. Nomarkaziy cho‘zilish yoki siqilish.**

Sterjenga bo‘ylama kuchning nomarkaziy ta‘siri. Sterjen nomarkaziy siqilishining umumiy holi. Nomarkaziy siqilishda normal kuchlanishlarni aniqlash. Neytral o‘q holati. Kesim yadrosi va uning xususiyatlari. Kesim yadrosini chizish.

### **6-modul. Siqilgan sterjenlarning ustivorligi**

#### **16-mavzu. Siqilgan sterjenlarning ustivorligi masalasi.**

Umumiy tushunchalar. Ustivorlik holatlarining turlari. Kritik kuchni aniqlash. Eyler formulasi.

#### **17-mavzu. Kritik kuchlanish va Eyler formulasining qo‘llanish chegarasi.**

Sterjenning egiluvchanligi, keltirilgan uzunligi. Sterjen uchlarining mahkamlanish usulini kritik kuch formulasiga ta‘siri. Kritik kuchlanish. Eyler formulasining qo‘llanish chegarasi. Siqilgan sterjenlarni amalda hisoblash usullari (kesim tanlashning ketma-ket yaqinlashish, sterjenlarni yuk ko‘tara olish qobiliyati bo‘yicha hisoblash. Siqilgan sterjenning ustivorlik sharti. Siqilgan sterjen kesimlarining qulay shakllarini tanlash.

## **7-modul. Qurilish mexanikasining asosiy tushunchalari**

### **18-mavzu. Qurilish mexanikasi faniga kirish.**

Qurilish mexanikasi fanining mohiyati va usullari. Qurilish mexanikasi fanining qisqacha rivojlanish tarixi va boshqa fanlar bilan uzviy bog'liqligi. Inshootlar hisoblash sxemalarini tanlash. Inshootlar klassifikatsiyasi. Inshootlarga ta'sir etuvchi yuklar va ularning klassifikatsiyasi.

### **19-mavzu. Inshootlar hisoblash sxemalarining kinematik analizi.**

Tayanchlar va ularning turlari. Geometrik o'zgarimas, o'zgaruvchan va oniy o'zgaruvchan sistemalar. Sistemalarning erkinlik darajasi. Sterjenli sistemalarning geometrik o'zgarimasligining zaruriy sharti.

### **20-mavzu. Ta'sir chiziqlar nazariyasi**

Harakatlanuvchi yuklar va ta'sir chiziqlari haqida tushuncha. Oddiy va konsol balkalarda tayanch reaksiyalarning ta'sir chiziqlarini chizish. Oddiy va konsol balkalarning biror kesimi uchun ichki zo'riqishlarning ta'sir chiziqlarini chizish. Ta'sir chiziqlari yordamida zo'riqishlarni aniqlash.

## **8-modul. Ko'p oraliqli statik aniq balkalar**

### **21-mavzu. Ko'p oraliqli statik aniq balkalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash.**

Umumiy tushunchalar. Ko'p oraliqli statik aniq balkalar uchun qavatlararo sxemalarini chizish. Ko'p oraliqli balkalar uchun eguvchi moment va ko'ndalang kuchlar epyuralarini chizish.

### **22-mavzu. Ko'p oraliqli statik aniq balkalarni harakatlanuvchi yuklar ta'siriga hisoblash.**

Ko'p oraliqli balka zo'riqishlarining ta'sir chiziqlarini chizish. Ko'p oraliqli balka zo'riqishlarini ta'sir chiziqlari yordamida aniqlash.

## **8-modul. Statik aniq tekis fermalar.**

### **23-mavzu. Statik aniq tekis fermalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash.**

Fermalar haqida umumiy tushuncha. Fermalarning turlari. Fermalarni hisoblash usullari. Tugun ajratish, moment nuqta va proeksiyalash usullari. Ferma sterjenlaridagi zo'riqishlarni aniqlash.

### **24-mavzu. Statik aniq tekis fermalarni harakatlanuvchi yuklar ta'siriga hisoblash.**

Ferma sterjenlari zo'riqishlari uchun ta'sir chiziqlarini chizish. Ta'sir chiziqlari orqali sterjenlardagi zo'riqish kuchlarini aniqlash.

## **9-modul. Uch sharnirli sistemalar.**

### **25-mavzu. Uch sharnirli sistemalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash.**

Uch sharnirli sistemalar. Umumiy tushunchalar. Uch sharnirli sistemalarda analitik usulda eguvchi moment, ko'ndalang va bo'ylama kuchlarni aniqlash. Uch sharnirli arkalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash.

### **26-mavzu. Uch sharnirli sistemalarni harakatlanuvchi yuklar ta'siriga hisoblash.**

Uch sharnirli arka tayanch reaksiya kuchlarining ta'sir chiziqlarini chizish. Uch sharnirli arkalarni ixtiyoriy kesimidagi ichki zo'riqish kuchlarining ta'sir chiziqlarini chizish.

### **27-mavzu. Elastik sistemalardagi ko'chishlarni aniqlash**

Ko'chishlar haqida tushuncha, ko'chishlar va ularni belgilash. Tashqi kuchlarning bajargan haqiqiy ishi. Ichki kuchlarning bajargan haqiqiy ishi. Tashqi kuchlarning bajarishi mumkin bo'lgan ishi. Ichki kuchlarning bajarishi mumkin bo'lgan ishi. Ishlarning o'zaroligi haqidagi Betti teoremasi.

ko'chishlarning o'zaroligi haqidagi Maksvell teoremasi. Ko'chishlarni aniqlashning universal formulasi (Mor integrali). Ko'chishlarni aniqlashning Vereshchagin usuli.

### **10-modul. Statik noaniq sistemalarni kuchlar usulida hisoblash.**

#### **28-mavzu. Statik noaniq sistemalar va ularning xususiyatlari.**

Statik noaniq sistemalar to'g'risida umumiy tushunchalar. Statik noaniq sistemalarning xususiyatlari. Statik noaniq sistemalarni hisoblash usullari. Statik noaniq sistemalarni hisoblashning kuchlar usuli. Statik noaniqlik darajasi. Kuchlar usulining asosiy sistemasini tanlash. Maqbul asosiy sistemani tanlash. Kuchlar usulining kanonik tenglamalari. Kanonik tenglama koeffisientlari va ozod hadlarining xossalari.

#### **29-mavzu. Kuchlar usulining kanonik tenglama koeffisientlari va ozod hadlarini aniqlash.**

Kanonik tenglama koeffisientlarini aniqlash. Kanonik tenglama ozod hadlarini aniqlash. Kuchlar usulining kanonik tenglama koeffisientlari va ozod hadlarini tekshirish.

#### **30-mavzu. Natijaviy eguvchi moment, ko'ndalang va bo'ylama kuchlarni aniqlash.**

Natijaviy eguvchi moment epyurasini chizish va tekshirish. Ko'ndalang va bo'ylama kuchlar epyuralarini chizish. Umumiy statik tekshirish.

#### **31-mavzu. Uzluksiz balkalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash.**

Uzluksiz balkalar to'g'risida umumiy tushunchalar. Uzluksiz balkalar hisobiga kuchlar usulining tadbig'i. Asosiy sistemani tanlash. Uch moment tenglamasi. Uzluksiz balkalardagi eguvchi moment, ko'ndalang kuch va tayanch reaksiyalarini aniqlash.

Uzluksiz balkalarni hisoblashning moment fokuslar usuli haqida tushuncha. Chap va o'ng fokuslar nisbatlarini aniqlash. Uzluksiz balka yuklangan oralig'ining tayanch momentlarini aniqlash. Fokus nisbatlaridan foydalanib tayanch momentlarini aniqlash.

## **IV. Amaliy mashg'ulotlar bo'yicha ko'rsatma va tavsiyalar**

1. Kesishuvchi kuchlar sistemasining geometrik muvozanat shartiga oid masalalar.
2. Kesishuvchi kuchlar sistemasining analitik muvozanat shartiga oid masalalar.
3. Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanatiga oid masalalar.
4. Parallel kuchlar sistemasining muvozanat shartiga oid masalalar.
5. Parallel kuchlar markazi, og'irlik markazini aniqlashga oid masalalar.
6. Nosimmetrik kesimlarning og'irlik markazi holatini aniqlash.
7. Nosimmetrik kesimlarning inersiya momentlarini aniqlash.
8. Kesish usuli. Balka va ramalar uchun ichki kuchlarni aniqlash.
9. To'g'ri sterjenni cho'zilish(siqilish)ida kuchlanish va deformatsiyani aniqlash.
10. Cho'zilish(siqilish) deformatsiyasida uchrayligan statik noaniq masalalar.
11. Egilishda balka ko'ndalang kesimidagi normal va urinma kuchlanishlarni aniqlash.
12. Egilishda balka deformatsiyalarini aniqlash.
13. Qiyshiq egilishda balka kesimlarida normal kuchlanish va deformatsiyalarni aniqlash.
14. Nomarkaziy siqilishda normal kuchlanishlarni aniqlash.
15. Neytral o'q holatini aniqlash va kesim yadrosini chizish.
16. Siqilgan sterjenning ustivorlik masalasi.
17. Inshootlar hisoblash sxemalarining kinematik analizi.
18. Ko'p oraliqli statik aniq balkalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash.
19. Oddiy va konsol balkalarda zo'riqishlarning ta'sir chiziqlarini statik usulda chizish.
20. Ko'p oraliqli statik aniq balkalarni harakatlanuvchi yuklar ta'siriga hisoblash.
21. Statik aniq tekis fermalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash.

22. Statik aniq tekis fermalarni harakatlanuvchi yuklar ta'siriga hisoblash.
23. Uch sharnirli arkani qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash.
24. Uch sharnirli arkani harakatlanuvchi yuklar ta'siriga hisoblash.
25. Statik aniq oddiy sistemalarda ko'chishlarni aniqlash.
26. Kuch usulining asosiy sistemasini tanlash va kanonik tenglamalarini yozish.
27. Kanonik tenglama koeffisientlari va ozod hadlarini aniqlash.
28. Kanonik tenglama koeffisientlari va ozod hadlarini tekshirish.
29. Natijaviy eguvchi moment, ko'ndalang va bo'ylama kuchlarni aniqlash.

## **V. Hisob-grafik ishlarini tashkil etish bo'yicha ko'rsatmalar**

Hisob-grafik ishlarni bajarishning asosiy maqsadi - talabalarning olgan nazariy bilimlarini amalda qo'llash bo'yicha ko'nikmalar hosil qilishi va ularning mustaqil ishlashini shakllantirishdir.

Qurilish mexanikasi fani bo'yicha har bir semestrda 3 tadan hisob-grafik ishi bajariladi. Ularni bajarishda kafedrada mazkur hisob-grafik ishlarini bajarish bo'yicha ishlab chiqilgan uslubiy ko'rsatmalardan va mustaqil ishlash uchun tayyorlangan masalalardan foydalanish tavsiya etiladi.

Hisob-grafik ishlarining mavzulari:

1. Konstruksiyaning tayanch reaksiyalarini aniqlash.
2. Sterjenli sistemalarni cho'zilish yoki siqilishga hisoblash.
3. Balkani mustahkamlikka va bikirlikka hisoblash.
4. Ko'p oraliqli statik aniq balka hisobi.
5. Statik aniq oddiy ferma hisobi.
6. Statik noaniq ramani kuchlar usulida hisoblash.

## **VI. Tavsiya etilayotgan mustaqil ishlarning mavzulari**

1. Tekis taqsimlangan kuchlar va ularning teng ta'sir etuvchisini aniqlash.
2. Fazodagi kuchlar sistemasining teng ta'sir etuvchisini momenti haqida Varinon teoremasi.
3. Jism og'irlik markazini aniqlash.
4. Kuchlar sistemasining invariantlari.
5. Ishqalanish kuchi. Ishqalanish kuchlarini hisobga olgan holda birlashtirilgan balkalardagi reaksiya kuchlarini aniqlash.
6. Tekislikdagi kuchlar sistemasi muvozanatiga oid masalalar.
7. Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi muvozanatiga oid masalalar.
8. Qo'shma konstruksiyaning tayanch reaksiyalarini aniqlashga oid masalalar.
9. Yangi materiallarning mexanik xususiyatlarini tajribada o'rganish.
10. Sterjenlarni mustahkamlikka tekshirishda xavfli yuklar, chegaraviy holatlar usuli.
11. Deformasiyalanuvchi jism nuqtalaridagi umumlashgan xajmiy kuchlanish holati. Guk qonunlari.
12. Bosh kuchlanishlar, ekstremal urinma kuchlanishlar va oktaedrik kuchlanishlar.
13. Bosh deformasiyalar, nuqtadagi kuchlanganlik va deformasiyalangan holatlarning o'xshashligi.
14. Qo'shma balkalarni mustahkamlikka hisoblash.
15. Cho'zilish va siqilishda elastiklik modullari turlicha bo'lgan balkalar hisobi.
16. Teng qarshilik ko'rsatuvchi balkalar.
17. Egilgan o'qning differensial tenglamasi. Boshlang'ich parametrlar usuli.
18. Sterjenlarning bo'ylama egilishi.
19. O'zgaruvchan kesimli sterjenlarning ustivorligi masalasi.
20. Tarqalgan kuchlar ta'siridagi sterjenlarni ustivorlikka hisoblash.
21. Sterjenlarning bo'ylama-ko'ndalang egilishi.
22. Vaqt bo'yicha davriy o'zgaruvchan kuchlanishlarda materiallar mustahkamligi.
23. Kuchlanishlar sikllarining turlari.
24. Qurilish mexanikasi fanida kuriladigan masalalar.
25. Inshootga ta'sir etuvchi yuklar va ularning turlari.

26. Inshootlar hisoblash sxemalarining strukturasi analizi.
27. Muvozanatlashuvchi balkalar nazariyasi.
28. Oddiy va konsol balkalarda zo'riqishlarning ta'sir chiziqlarini kinematik usulda chizish.
29. Tugunlar orqali yuk uzatilganda ta'sir chiziqlarini chizish.
30. Oddiy fermalarning geometrik o'zgarmasligini tadqiq etish.
31. Murakkab fermalarning geometrik o'zgarmasligini tadqiq etish.
32. Fermalarning rasional shakllarini tanlash.
33. Uch sharnirli ramalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash.
34. Uch sharnirli arkasimon fermalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash.
35. Arka o'qining rasional shakli.
36. Yadro momentlari va normal kuchlanishlar.
37. Uch sharnirli ramalarni harakatlanuvchi yuklar ta'siriga hisoblash.
38. Uch sharnirli arkasimon fermalarni harakatlanuvchi yuklar ta'siriga hisoblash.
39. Elastik sistemalarda ko'chishlarni aniqlash.
40. Statik noaniq simmetrik ramalarni kuchlar usulida hisoblash.
41. Statik noaniq sistemalarni temperatura ta'siriga hisoblash.
42. Statik noaniq sistemalarni tayanchlar cho'kishiga hisoblash.
43. Statik noaniq sistemalarni kuchlar usuli bilan matrisalar yordamida hisoblash.
44. Statik noaniq fermalarni kuchlar usulida hisoblash.
45. Ikki sharnirli arkalarni kuchlar usulida hisoblash.
46. Sharnirsiz arkalarni kuchlar usulida hisoblash.
47. Statik noaniq ramalarni ko'chishlar usulida hisoblash.
48. Statik noaniq ramalarni hisoblashning aralash usuli.
49. Statik noaniq ramalarni hisoblashning kombinasion usuli.
50. Statik noaniq sistemalarni chekli elementlar usuli yordamida hisoblash.

Qurilish mexanikasida masalalar echa olish katta ahamiyatga ega. Ayrim mavzularni chuqur o'rganish va masala echishning asosiy yo'li darslik va o'quv qo'llanmalar bilan mustaqil ishlay olishdir. Kitob bilan mustaqil ishlay bilish nafaqat muhandis tayyorlash, balki uning hamma faoliyatining asosi hisoblanadi. Undan tashqari, talabalarga o'tilgan mavzularni mustaqil o'zlashtirishlari uchun ma'ruza matnlaridan foydalanish ham tavsiya etiladi. Talabalarning mavzularni mustaqil o'zlashtirishi alohida baholanmaydi, ular joriy, oraliq va yakuniy baholashda o'z aksini topadi.

Mustaqil ta'lim talabalar uchun majburiy o'quv mashg'uloti hisoblanadi va u rejaviy xarakterga ega. Mustaqil ish mavzulari mustaqil o'zlashtirish uchun rejalashtirilgan ma'ruza va amaliy mashg'ulotlar mavzularidan iboratdir. Mustaqil ta'lim talabalarning nazariy bilimlarini mustahkamlaydi va mavzularni yaxshi o'zlashtirishga yordam beradi.

## **VII. Asosiy va qo'shimcha o'quv adabiyotlar hamda axborot manbaalari**

### **Asosiy adabiyotlar**

1. Statics and Dynamics. R.C. Hibbeler 2013
2. Theoretical mechanics. Vasile Szolga 2010
3. James M. Gere. Mechanics of materials. Brooks/coole. 2015. p. 926.
4. Z.S.Shadmanova. *Materiallar qarshiligi. O'quv qo'llanma.* T.:2018. -169 b.
5. *Hobilov B.A.* Qurilish mexanikasi. Darslik. 1-qism. T.: TAQI - 2014. -168 b.
6. *Hobilov B.A.* Qurilish mexanikasi. Darslik. 2-qism. T.: TAQI - 2014. -178 b.

### **Qo'shimcha adabiyotlar**

7. *Mirziyoev Sh.M.* Buyuk kelajagimizni mard va olijanob xalqimiz bilan birga quramiz T., "O'zbekiston", 2016y, 486 bet.

8. *Mirziyoev Sh.M.* Qonun ustuvorligi va inson manfaatlarini ta'minlash yurt taraqqiyoti va xalq farovonligini garovi. T., "O'zbekiston", 2016 y, 47 bet
9. *Shoobidov Sh.M., Xabibullayeva X.N., Fayzullayeva F.D.* Nazariy mexanika (statika, kinematika.) o'quv qo'llanma T. "Yangi asr avlodi" 2008
10. *M.M. Mirsaidov, A. U. Voymurodova, N.T. Ilyosova.* «Nazariy mexanika», T.: "Cho'lpon" 2009 y.
11. *Fayzullayev B.A.* «Nazariy mexanika 1-jild», T.: "Cho'lpon" 2011 y.
12. *A.A. Yablonskiy.* «Nazariy mexanika fanidan kurs ishlari uchun topshiriqlar to'plami». T.: «O'qituvchi», 2002.
13. *Kepe O.Ye., Viba Ya.A., Grapis O.P.* Nazariy mexanika fanidan qisqa masalalar to'plami. (lotin alifbosida chiqarilgan)T. "Yangi asr avlodi" 2008
14. *Kenjayev K.* "Moddiy nuqtaning tebranma harakati". (Nazariy mexanikadan masalalar yechish uchun uslubiy qo'llanma.) TAQI. 2015
15. *Kenjayev K.* "Moddiy nuqta dinamikasining umumiy teoremlari va dalamber prinsipining nuqta harakatini o'rganishga tatbiqi" TAQI. 2015.
16. *Roland Janco, Branislav Hucko.* Introduction to Mechanics of Materials-Slovak. Part I. 2013.
17. *Roland Janco, Branislav Hucko.* Introduction to Mechanics of Materials-Slovak. Part II. 2013.
18. *Nabiev A.* Materiallar qarshiligi. Oliy o'quv yurtlari uchun darslik. –Toshkent: Yangi asr avlodi, 2008. -380 b.
19. *Matkarimov P.X.* Materiallar qarshiligi. –T.: O'qituvchi, 2004.
20. *Qoraboev B.* Materiallar qarshiligi. Oliy texnika o'quv yurtlari uchun darslik. –Toshkent: Fan va texnologiyasi, 2007. – 192 b.
21. *Igor A. Karnovsky, Olga Lebed.* *Advanced Methods of Structural Analysis.* Springer Science+Business Media, LLC 2010. -618 p.
22. *Hobilov B.A., Nazarova M.K., Umarova Z.S.* Qurilish mexanikasidan misol va masalalar. O'quv qo'llanma. 1,2-qism. T.: TAQI - 2016. -148 b.
23. *R.C.Hibbeler.* *Structural analysis.* Ninth edition. Published by Pearson Prentice Hall. Pearson Education, Inc. USA, 2015. 725 p.
24. *Hobilov B.A.* Qurilish mexanikasi. Darslik. 1-qism. T.: TAQI - 2014. -168 b.
25. *Hobilov B.A.* Qurilish mexanikasi. Darslik. 2-qism. T.: TAQI - 2014. -178 b.
26. *To'raev X.Sh., Ismatov M.X., Yo'ldoshev F.X., Javliev B.K.* Qurilish mexanikasi. – Toshkent, Moliya, 2002. -459 b.
27. *Abdurashidov Q.S., Hobilov B.A., To'ychiev N.J., Rahimboev A.G'.* Qurilish mexanikasi. – T.: O'zbekiston, 1999. – 384 b.

#### **Internet saytlar**

28. [www.uzsci.net](http://www.uzsci.net)
29. [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)
30. <http://www.mysopramat.ru>
31. [http://www.stroy\\_meh.ru](http://www.stroy_meh.ru)
32. [www.moodle.taqi.uz](http://www.moodle.taqi.uz)

---

# IShChIFAN DASTURI

---

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIV VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI  
TOSHKENT ARHITEKTURA-QURILISH INSTITUTI

O'QUV-USLUBIY BOSHQARMA  
TOMONIDAN RO'YXATGA OLINDI  
№ 534/B  
«11» 06 2022-yil

“TASDIQLAYMAN”  
O'quv ishlari bo'yicha prorektor  
A.U.Mirishayev

«11» 06 2022 yil

“QURILISH MEXANIKASI”  
FANINING SILLABUSI  
(ishchi o'quv dasturi)

Bilim sohasi: 400000 – Biznes, boshqaruv va huquq  
Ta'lim sohasi: 410000 – Biznes va boshqaruv  
Ta'lim yo'nalishi: 60411200 – Menejment (qurilish)

Umumiy o'quv soati – 120 soat  
Shu jumladan:  
Ma'ruza – 30 soat (3-semestr 30 soatdan)  
Amaliy mashg'ulotlar – 14 soat (3-semestr 14 soatdan)  
Laboratoriya mashg'uloti – 16 soat (3-semestr 16 soatdan)  
Mustaqil ta'lim soati – 60 soat (2-semestr 60 soatdan)

TOSHKENT – 2022



Fanning sillabusi (ishchi o'quv dasturi) Toshkent arxitektura-qurilish institutining 2021 yil "30" avgustdagi 125/B – sonli buyrug'i bilan tasdiqlangan "Qurilish mexanikasi" fani dasturi asosida tayyorlangan.

Fan sillabusi (ishchi o'quv dasturi) Toshkent arxitektura-qurilish instituti Ilmiy-uslubiy Kengashining 2022 yil "11" 08 dagi 6 – sonli bayoni bilan tasdiqlangan.

**Tuzuvchi:**


Maksudova G.A. – "Qurilish mexanikasi va inshootlar zilzilabardoshligi" kafedrası ass.

**Taqrizchilar:**

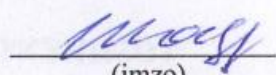
A.S.Yuvmitov – O'zR FA M.T.O'rozboyev nomidagi «Mexanika va inshootlar seysmik mustahkamligi» instituti "Konstruksiya mustahkamligi va inshootlar seysmik barqarorligining eksperimental tadqiqotlari" laboratoriyasi mudiri, Phd

Nazarova M.Q. – "Qurilish mexanikasi va inshootlar zilzilabardoshligi" kafedrası dotsenti

TAQI Bino va inshootlar qurilishi fakulteti dekani:  
2022 yil "\_\_\_" \_\_\_\_\_

  
I.T. Aliev  
(imzo)

"Qurilish mexanikasi va inshootlar zilzilabardoshligi" kafedrası mudiri:  
2022 yil "\_\_\_" \_\_\_\_\_

  
Z.S. Shadmanova  
(imzo)

## Fan Sillabusi

### Fan to'g'risida ma'lumot

Fan shifri: QMEX1110

Fan nomi: **Qurilish mexanikasi**

Semestr/Yil: **3-semestr/2022-2023 o'quv yili**

Kafedra: **Qurilish mexanikasi va inshootlar zilzilabardoshligi**

Soatlar/kreditlar miqdori: 4 ECTS (60-auditoriya soati)

Ma'ruza	Amaliy mashg'ulot	Laboratoriya	Baholash	Jami
<b>3-semestr</b>				
30	14	16	4	60

### Fan bo'yicha mashg'ulotlarning joylashuvi:

Auditoriya vaqti: Dars jadvaliga asosan.

Talablar: O'quv kursini o'zlashtirish.

Fan uchun mas'ul kafedra: **Qurilish mexanikasi va inshootlar zilzilabardoshligi**

### Dars mashg'uloti olib boruvchi professor-o'qituvchi to'g'risida ma'lumot

O'qituvchi: Maksudova Gulnoza Alimovna

Kafedra joylashgan joyi: TAQI, Yunusobod tumani

Telefon: 90-174-67-17 mobil telefoni

E-mail: [maqsudovagulnoza5@gmail.com](mailto:maqsudovagulnoza5@gmail.com)

Ish vaqti: 6 soat

### I. Fan tavsifi

#### O'quv fani o'qitilishi bo'yicha uslubiy ko'rsatmalar

Qurilish mexanikasi umumiy kursi Nazariy mexanika, Materiallar qarshiligi va Qurilish mexanikasi fanlaridan tashkil topgan bo'lib, Arxitektura va qurilish sohasida tahsil olayotgan talabalar uchun asosiy umumkasbiy fanlardan biri hisoblanadi. Qurilish mexanikasi – konstruksiya va inshootlarni mustahkamligi, bikirligi va ustuvorligini hisoblash usullarini hamda inshootlarni mustahkamligini hisoblash yo'li bilan uzoq muddatga chidamliligini ta'minlaydigan fandır.

### II. Fanning maqsadi

Ushbu Sillabus fanning maqsadlarini tavsiflaydi. Bugungi kunda oliy ta'limning asosiy vazifalaridan biri zamonaviy ta'lim dasturlari asosida yuqori samarali ta'lim jarayonini va malakali kadrlar tayyorlashni ta'minlash hisoblanadi. Mazkur fan oliy o'quv yurtlari bakalavriat talabalari uchun mo'ljallangan. Fanning vazifasi - talabalarda inshootlarni loyihalash jarayonida asosiy masalalardan biri hisoblangan loyiha-konstruktorlik hisoblari bo'yicha ko'nikmalar hosil qilishdan iborat.

Fanning o'qitilishidan maqsad – talabalarga inshoot elementlarida, konstruksiyalarida hosil bo'ladigan zo'riqishlar va deformatsiyalarni aniqlash usullarini hamda mustahkamlikka, bikirlikka va ustuvorlikka mazkur konstruksiyalarni hisoblash usullari bo'yicha mos bilim, ko'nikma va malaka shakllantirishdir.

### III. Ta'lim berish natijalari

Fan bo'yicha talabalar quyidagi bilim, ko'nikma va malakalarga ega bo'lishi talab etiladi.

#### **Talaba:**

- turli xil, tekislikda va fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemalari ta'siridagi qattiq jismning muvozanat shartlari, qattiq jismning og'irlik markazining topish usullari; mexanik harakatdagi qattiq jismning harakat shakllari, atrof-muhitda sodir bo'layotgan o'zgarishlarni hisobga olgan holda mexanik harakatning qonuniyatlari; dinamikaning asosiy qonun va tamoyillari, mexanik sistemalarni harakatining differentsial tenglamalari, qattiq jism dinamikasining umumiy teoremlari; inshoot

elementlarida ichki kuchlarni aniqlash, oddiy deformatsiya turlarida vujudga keladigan kuchlanish va deformatsiyalar, bino va inshootlarning hisoblash sxemasi va ularning kinematik analizi; ta'sir chiziqlar nazariyasi, elastik sistemalarda vujudga keladigan ko'chishlar, statik aniq va noaniq sistemalarni hisoblash usullari haqida **tasavvurga ega bo'lishi**;

- fanning nazariy asoslarini va amaliy masalalarni yechishda fanning hisob formulalarini; inshoot konstruktsiyalarining hisobiy modellarini to'g'ri tanlash; inshoot elementlarida ichki kuchlarni aniqlash va deformatsiyalarni aniqlash; bino va inshootlarning hisoblash sxemasini tanlash va ularning kinematik analizi; ta'sir chiziqlar nazariyasi; statik aniq va noaniq sistemalarni qo'zg'almas va harakatlanuvchi yuklar ta'siriga hisoblashni bilishi va ulardan **foydalana olishi**;

- nazariy mexanika kursida olgan bilimni muhandislik va maxsus fanlarni o'tish jarayonida qo'llash va tatbiq etish; bino va inshootlar elementlarining hisobiy modellarini tanlash, bino va inshootlar hisoblash sxemalarini tanlash va ularni kinematik analiz qilish; inshoot elementlarida ichki kuchlar va ko'chishlarni aniqlash; statik aniq va noaniq sistemalarni qo'zg'almas va qo'zg'aluvchi yuklar ta'siriga hisoblash; statik noaniq sistemalarni hisoblashda zamonaviy kompyuter texnologiyalaridan foydalanish bo'yicha **amaliy ko'nikmalariga ega bo'lishi kerak**.

#### IV. Ta'lim texnologiyalari va metodlari:

- ma'ruzalar tayyorlash;
- interfaol pedagogik texnologiyalar va grafik organayzerlar;
- taqdimotlarni qilish;
- individual ishlanmalar qilish;
- guruhlarda ishlash;
- individual ishlash;
- jamoa bo'lib ishlash va himoya qilish uchun loyihalar tayyorlash.

#### V. Fanning tarkibiy tuzilishi:

Dars	Mavzular	Ma'ruza, amaliy mashg'ulotlar rejasi	Soat	
			Ma'ruza mashg'ulotlar	Amaliy mashg'ulotlar
<b>3-semestr</b>				
1.	Tekis kesim yuzalarining inertsiya momentlari	1. Tekis kesim yuzalarining statik momentlari. Tekis kesimning og'irlik markazi. 2. Tekis kesim yuzasining qutb inertsiya momenti. Tekis kesimning o'q va markazdan qochma inertsiya momentlari. Oddiy kesimlarning inertsiya momentlari. 3. Po'lat namunani cho'zilishga sinash (laboratoriya mashg'uloti).	2	2
2.	Tekis kesim	1. Tekis kesim yuzining	2	2

	yuzalarining inertsiya momentlari	markaziy o'qqa parallel o'qqa nisbatan inertsiya momenti. Koordinata o'qlari burilganda inertsiya momentlarining o'zgarishi. 2. Bosh inertsiya o'qlari va bosh inertsiya momentlari. 3. Po'lat materiali uchun elastiklik modulini aniqlash (laboratoriya mashg'uloti).		
3.	Buralishda kuchlanish va deformatsiya.	1. Buralish. Asosiy tushunchalar. Doiraviy kesimli sterjenning buralishi. Burovchi moment. Burovchi momentni quvvat orqali ifodalash. 2. Doiraviy kesimli sterjenning buralishidan hosil bo'lgan kuchlanish. 3. Doiraviy kesimli sterjenning buralishidagi deformatsiyasi. 4. Doira kesimli sterjenni buralishga sinash (laboratoriya mashg'uloti).	2	2
4.	To'g'ri sterjenning tekis egilishi.	1. Umumiy tushunchalar. Balka kesimlaridagi ichki kuchlarni aniqlash. Ichki kuchlarning epyuralarni chizish. 2. Eguvchi moment, ko'ndalang kuch va yoyilgan kuch orasidagi differentsial munosabatlar.	2	2

		3. Po'lat materialini siqilishga sinash (laboratoriya mashg'uloti).		
5.	Egilishda balka ko'ndalang kesimidagi kuchlanishlar va deformatsiyalarni aniqlash.	1. Sof egilish. Normal kuchlanishlarni aniqlash. 2. Balkalarning normal va urinma kuchlanishlar bo'yicha mustahkamlik shartlari. 3. Egilishda balka deformatsiyalarini aniqlash. Universal formula. 4. Egilishda balkaning deformatsiyalarini aniqlash (laboratoriya mashg'uloti).	2	4
6.	Qiyshiq egilishda kuchlanish va deformatsiya.	1. Brus murakkab deformatsiyasining ko'rinishlari. Ichki kuchlarni aniqlash. 2. Qiyshiq egilishda balka kesimlaridagi normal kuchlanishlarni aniqlash. 3. Qiyshiq egilishda balkaning deformatsiyasini aniqlash. 4. Konsol balkaning qiya egilishdagi deformatsiyalarini aniqlash (laboratoriya mashg'uloti)	2	2
7.	Qurilish mexanikasiga kirish.	1. Qurilish mexanikasi fanining mohiyati va usullari. Qurilish mexanikasi fanining qisqacha rivojlanish tarixi va boshqa fanlar bilan uzviy bog'liqligi. 2. Inshootlar hisoblash sxemalarini tanlash va ularning turlari.	2	2

		3. Inshootlar hisoblash sxemalarining kinematik analizi 4. Po'lat materialini kesilishga sinash (laboratoriya mashg'uloti).		
8.	Ko'p oraliqli statik aniq balkalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash.	1. Umumiy tushunchalar. Ko'p oraliqli statik aniq balkalar uchun qavatlararo sxemalarini chizish. 2. Ko'p oraliqli balkalar uchun eguvchi moment va ko'ndalang kuchlar epyuralarini chizish. Ko'p oraliqli statik aniq balkalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash (amaliy mashg'ulot).	2	2
9.	Uch sharnirli arkalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash.	1. Uch sharnirli sistemalar tugrisida tushuncha 2. Uch sharnirli arkani qo'zgalmas yuklar ta'siriga hisoblash 3. Uch sharnirli arkani qo'zgalmas yuklar ta'siriga hisoblash (amaliy mashg'ulot)	2	2
10.	Statik aniq tekis fermalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash.	1. Fermalar haqida umumiy tushuncha. Fermalarning turlari. 2. Fermalarni hisoblash usullari. 3. Ferma sterjenlaridagi zo'riqishlarni aniqlash. 4. Statik aniq tekis fermalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash (amaliy mashg'ulot).	2	2
11.	Statik noaniq	1. Statik noaniq	4	2

	ramalarni kuchlar usulida hisoblash.	<p>sistemalar to'g'risida umumiy tushunchalar. Statik noaniq sistemalarni hisoblash usullari. Statik noaniqlik darajasi.</p> <p>2. Kuchlar usulining noma'lumlari, asosiy sistemasi va kanonik tenglamalari.</p> <p>3. Kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlarini aniqlash.</p> <p>4. Natijaviy M,Q,N larni aniqlash.</p> <p>6. Statik noaniq ramalarni kuchlar usulida hisoblash (amaliy mashg'ulot).</p>		
12.	Uzluksiz balkalarni hisoblash.	<p>1. Uzluksiz balkalar to'g'risida umumiy tushunchalar.</p> <p>2. Uch moment tenglamasi. Uzluksiz balkalardagi eguvchi moment, ko'ndalang kuch va tayanch reaksiyalarini aniqlash.</p> <p>4. Uzluksiz balkalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash (amaliy mashg'ulot).</p>	2	2
13.	Statik noaniq ramalarni ko'chishlar usulida hisoblash.	<p>1. Ko'chishlar usulining mohiyati va noma'lumlari. Kinematik noaniqlik darajasi. Ko'chishlar usulining asosiy sistemasi. Ko'chishlar usulining kanonik tenglamalari.</p> <p>2. Ko'chishlar usulining kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlarini aniqlash.</p>	4	4

		3. Natijaviy eguvchi moment, ko'ndalang va bo'ylama kuchlarni aniqlash. 4. Statik noaniq ramalarni ko'chishlar usulida hisoblash (amaliy mashg'ulot).		
<b>3-semestr jami</b>			<b>30</b>	<b>30</b>
<b>Jami:</b>			<b>30</b>	<b>30</b>

## **VI. Mustaqil ta'lim va mustaqil ishlar**

Mustaqil ta'lim uchun tavsiya etiladigan mavzular:

3-semestr:

8. Statik aniq va statik aniqmas masalalar. Bir nechta jismdan tashkil topgan sistemaning muvozanati.

9. Tayanchlar va ularning turlari.

10. Teng qarshilikli sterjenlar.

11. Sterjenlarni chekli yuk ko'tara olish qobiliyati bo'yicha hisoblash.

12. Teng qarshilikli balkalar.

13. O'zgaruvchan kesimli sterjenlarning ustivorligi masalasi.

14. Vaqt bo'yicha davriy o'zgaruvchan kuchlanishlarda materiallar mustahkamligi.

8. Inshootga ta'sir etuvchi yuklar va ularning turlari.

9. Ta'sir chiziqlarini chizishning kinematik usuli.

10. Murakkab fermalarning geometrik o'zgarmasligini tadqiq etish.

11. Fermalarning ratsional shakllarini tanlash.

12. Arka o'qining ratsional shakli.

13. Uch sharnirli arkasimon fermalarni harakatlanuvchi yuklar ta'siriga hisoblash.

14. Statik noaniq sistemalarni temperatura ta'siriga hisoblash.

15. Statik noaniq sistemalarni tayanchlar cho'kishiga hisoblash.

16. Statik noaniq sistemalarni kuchlar usuli bilan matritsalar yordamida hisoblash.

17. Statik noaniq sistemalarni chekli elementlar usuli yordamida hisoblash.

### **Hisob-grafik ishlarini bajarish bo'yicha ko'rsatmalar**

Hisob-grafik ishlarni bajarishning asosiy maqsadi - talabalarning olgan nazariy bilimlarini amalda qo'llash bo'yicha ko'nikmalar hosil qilishi va ularning mustaqil ishlashini shakllantirishdir.

Fan bo'yicha har bir talaba individual topshiriq asosida hisob-grafik ishlarini (3-semestrda 4 ta) hisobot shaklida bajaradi va himoya qilib topshiradi. Ularni bajarishda kafedrada mazkur hisob-grafik ishlarini bajarish bo'yicha ishlab chiqilgan uslubiy ko'rsatmalardan va mustaqil ishlash uchun tayyorlangan masalalardan foydalanish tavsiya etiladi.



## **Tavsiya etilgan hisob-grafik ishlarining mavzulari:**

3-semestr

1. Balkani mustahkamlikka va bikirlikka hisoblash.
2. Statik aniq oddiy ferma hisobi.
3. Statik noaniq ramani kuchlar usulida hisoblash.

Fan bo'yicha masalalar yecha olish katta ahamiyatga ega. Ayrim mavzularni chuqur o'rganish va masala yechishning asosiy yo'li darslik va o'quv qo'llanmalar bilan mustaqil ishlay olishdir. Kitob bilan mustaqil ishlay bilish nafaqat muhandis tayyorlash, balki uning hamma faoliyatining asosi hisoblanadi. Undan tashqari, talabalarga o'tilgan mavzularni mustaqil o'zlashtirishlari uchun ma'ruza matnlaridan foydalanish ham tavsiya etiladi. Talabalarning mavzularni mustaqil o'zlashtirishi alohida baholanmaydi, ular joriy, oraliq va yakuniy baholashda o'z aksini topadi.

Mustaqil ta'lim talabalar uchun majburiy o'quv mashg'uloti hisoblanadi va u rejaviy xarakterga ega. Mustaqil ish mavzulari mustaqil o'zlashtirish uchun rejalashtirilgan ma'ruza va amaliy mashg'ulotlar mavzularidan iboratdir. Mustaqil ta'lim talabalarning nazariy bilimlarini mustahkamlaydi va mavzularni yaxshi o'zlashtirishga yordam beradi.

Mustaqil o'zlashtiriladigan mavzular bo'yicha talabalar tomonidan prezentatsiya tayyorlash, referatlar tayyorlash va uni taqdimot qilish tavsiya etiladi.

## **VII. Asosiy va qo'shimcha o'quv adabiyotlar hamda axborot manbalaari**

### **Asosiy adabiyotlar**

33. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики. Учебник. Изд-во "Лань-П", 2020. -720 с.
34. К.Иsmailov, U.Mustafayev, A.T.Qo'ldoshev. Nazariy mexanika. Oliy o'quv yurtlari uchun darslik. Toshkent, Mashhur-Press, 2017. -384 b.
35. Usmonkulov A.Q., Ismayilov K., Odilov O.K., Yaxshiboev Sh.R. Materiallar qarshiligi, O'quv qo'llanma. I,II -qism. Toshkent "Mashhur-press" 2019–320 b.
36. Жуков В.Г. Механика. Сопротивление материалов. Учебное пособие. Изд-во "Лань-П", 2020. -416 с.
37. Saidiy S.A. Qurilish mexanikasi. Darslik.-T.: "Fan va texnologiya" 2019, 272 b.
38. Ступишин Д.Ю. Строительная механика плоских стержневых систем: Учебное пособие / Д.Ю. Ступишин, С.И. Трушин. - [б. м.] : ИНФРА-М, 2019: ИНФРА-М, 2016. - 278 с.

### **Qo'shimcha adabiyotlar**

39. Mirziyoyev Sh.M. Buyuk kelajagimizni mard va olijanob xalqimiz bilan quramiz. – Toshkent: "O'zbekiston", 2017. – 488 b.
40. Стрелков С.П. Механика. Учебник. 6-изд. Изд-во "Лань", 2019. - 560с.

41. Z.S.Shadmanova. Materiallar qarshiligi. O'quv qo'llanma. T.: 2018. – 169 b.
42. K.Ismayilov, S.K.Toshev, O.I.Eshniyazov, S.S.Amanov. Materiallar qarshiligi. O'quv qo'llanma. Toshkent, Mashhur-Press, 2017. -272 b.
43. Xobilov B.A., Nazarova M.K., Umarova Z.S. Qurilish mexanikasidan misol va masalalar. O'quv qo'llanma. 1,2-qismlar. T.:TAQI - 2016. -148 b.
44. Hobilov B.A. Qurilish mexanikasi. Darslik. 1,2-qism. T.:TAQI-2014.-168 b.
45. R.C.Hibbeler. Structural analysis. Ninth edition. Published by Pearson Prentice Hall. Pearson Education, Inc. USA, 2015. 725 p.
46. Kenjayev K. "Moddiy nuqtaning tebranma harakati". (Nazariy mexanikadan masalalar yechish uchun uslubiy qo'llanma). TAQI, 2015.
47. Kenjayev K. Moddiy nuqta dinamikasining umumiy teoremlari va dalamber prinsipining nuqta harakatini o'rganishga tatbiqu. TAQI, 2015.
48. *Roland Janco, Branislav Hucko*. Introduction to Mechanics of Materials-Slovak. Part I. 2013.
49. *Roland Janco, Branislav Hucko*. Introduction to Mechanics of Materials-Slovak. Part II. 2013.
50. А.Я.Астахова. Сопротивление материалов.Рабочая тетрадь по решению задач. Ч 2. Учебное пособие. Москва. 2014.
51. В.П.Агапов. Сопротивление материалов. Учебник. Москва. 2014.
52. Н.М.Атаров, Г.С Варданян. Сопротивление материалов. Учебное пособие. КНОРУС. Москва. 2017.
53. Н.М.Атаров, Г.С Варданян. Сопротивление материалов. Ч 1. Учебное пособие. Москва. 2013.
54. Н.М.Атаров, Г.С Варданян. Сопротивление материалов. Ч 2. Учебное пособие. Москва. 2014.
55. Н.М.Атаров, Г.С Варданян. Сопротивление материалов. Ч 3. Учебное пособие. Москва. 2018.
56. С.И.Трушин. Строительная механика: метод конечных элементов. Учебное пособие. Москва ИНФРА-М. 2018.
57. С.И.Трушин. Строительная механика: метод конечных элементов. Учебное пособие. Москва ИНФРА-М. 2019.
58. Л.Ю.Ступишин, И.Трушин. Строительная механика плоских стержневых систем. Учебное пособие. Москва ИНФРА-М. 2019.
59. Н.Н.Анохин. Строительная механика в примерах и задачах. Ч 1. Учебное пособие. Москва. АСВ. 2017.
60. Н.Н.Анохин. Строительная механика в примерах и задачах. Ч 2. Учебное пособие. Москва. АСВ. 2017.
61. Л.Ю.Ступишин, С.И.Трушин. Строительная механика плоских стержневых систем. Учебное пособие. Москва. АСВ. 2016.
62. А.И.Шейн. Курс строительной механики. Учебник. Москва. АСВ. 2017.
63. Н.Н.Шапошников, Р.Е.Кристалинский. Строительная механика. Дарслик. Санкт-Петербург-Москва-Краснодар "ЛАНЬ". 2017.

## Internet saytlari

1. [www./ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)
2. [http://www./mysopramat/.ru](http://www.mysopramat.ru)
3. [http://www.stroy\\_meh.ru](http://www.stroy_meh.ru)
4. [www.mooc.taqi.uz](http://www.mooc.taqi.uz)

### VIII. Baholash, baholarni konvertatsiya qilish

Talabalar bilimini nazorat qilish, baholash va baholarni konvertatsiya qilish O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi tomonidan 2018 yil 26 sentyabrda 3069 ro'yxat raqami davlat ro'yxatidan o'tkazilgan "Oliy ta'lim muassasalarida talabalar bilimini nazorat qilish baholash tizimi to'g'risidagi nizom"ga muvofiq amalga oshiriladi.

<b>Baholash usullari</b>	Ekspress testlar, yozma ishlar, og'zaki so'rov, taqdimotlar.		
<b>Baholash me'zonlari</b>	<p><b>5 (a'lo) baho</b> Talaba mustaqil xulosa va qaror qabul qiladi, ijodiy fikrlay oladi, mustaqil mushohada yuritadi, olgan bilimini amalda qo'llay oladi, fanning (mavzuning) mohiyatini tushunadi, biladi, ifodalay oladi, aytib beradi hamda fan (mavzu) bo'yicha tasavvurga ega deb topilganda.</p> <p><b>4 (yaxshi) baho</b> Talaba mustaqil mushohada yuritadi, olgan bilimini amalda qo'llay oladi, fanning (mavzuning) mohiyatini tushunadi, biladi, ifodalay oladi, aytib beradi hamda fan (mavzu) bo'yicha tasavvurga ega deb topilganda.</p> <p><b>3 (qoniqarli) baho</b> Talaba olgan bilimini amalda qo'llay oladi, fanning (mavzuning) mohiyatini tushunadi, biladi, ifodalay oladi, aytib beradi hamda fan (mavzu) bo'yicha tasavvurga ega deb topilganda.</p> <p><b>2 (qoniqarsiz) baho</b> Talaba fan dasturini o'zlashtirmagan, fanning (mavzuning) mohiyatini tushunmaydi hamda fan (mavzu) bo'yicha tasavvurga ega emas deb topilganda.</p>		
	<b>Baholash turlari</b>	<b>Topshi-riq soni</b>	<b>Topshiriqlarning maksimal bahosi</b>
	<b>3-semestr</b>		
	<b>Oraliq nazorat</b>		
	<i>Test (25 ta savoldan iborat, shundan 5 ta savol mustaqil ish mavzularidan kiritilgan) yoki Yozma ish (5 ta savoldan iborat, shundan 1 ta savol mustaqil ish mavzularidan kiritilgan)</i>	25	5
		(5)	

	<b>Yakuniy nazorat</b>		
	<i>Test (25 ta savoldan iborat, shundan 5 ta savol mustaqil ish mavzularidan kiritilgan) yoki Yozma ish (5 ta savoldan iborat, shundan 1 ta savol mustaqil ish mavzularidan kiritilgan)</i>	25  (5)	5
	<b>4-semestr</b>		
	<b>Oraliq nazorat</b>		
	<i>Test (25 ta savoldan iborat, shundan 5 ta savol mustaqil ish mavzularidan kiritilgan) yoki Yozma ish (5 ta savoldan iborat, shundan 1 ta savol mustaqil ish mavzularidan kiritilgan)</i>	25  (5)	5
	<b>Yakuniy nazorat</b>		
	<i>Test (25 ta savoldan iborat, shundan 5 ta savol mustaqil ish mavzularidan kiritilgan) yoki Yozma ish (5 ta savoldan iborat, shundan 1 ta savol mustaqil ish mavzularidan kiritilgan)</i>	25  (5)	5

Talabaning amaliy va mustaqil ta'lim topshiriqlarini bajarishi bo'yicha bilimni baholash fan o'qituvchisi tomonidan 5 balli tizimda amalga oshiriladi.

Talabani oraliq nazorat turi bo'yicha baholashda, uning o'quv mashg'ulotlari davomida olgan baholari inobatga olinadi.

Oraliq nazoratda fan bo'yicha A-E darajasiga erishgan talabalar yakuniy nazoratga qo'yiladi.

Talabaning oraliq nazorat bo'yicha o'zlashtirgan ballari quyidagi jadval asosida kredit ballariga va harfli tizimga o'giriladi.

**Baholarni konvertatsiya qilish jadvali (5 ballik tizimdan foizga)**

<b>5 balli</b>	<b>100% shkala</b>	<b>5 balli</b>	<b>100% shkala</b>	<b>5 balli</b>	<b>100% shkala</b>
<b>«5, a'lo» A</b>					
5,00 — 4,96	100	4,30 — 4,26	86	3,60 — 3,56	72
4,95 — 4,91	99	4,25 — 4,21	85	3,55 — 3,51	71
4,90 — 4,86	98	4,20 — 4,16	84	3,50 — 3,46	70
4,85 — 4,81	97	4,15 — 4,11	83	<b>«3, qoniqarli» D</b>	
4,80 — 4,76	96	4,10 — 4,06	82	3,45 — 3,41	69
4,75 — 4,71	95	4,05 — 4,01	81	3,40 — 3,36	68
4,70 — 4,66	94	4,00 — 3,96	80	3,35 — 3,31	67
		<b>«4, yaxshi» C</b>		<b>«3, qoniqarli» E</b>	
4,65 — 4,61	93	3,95 — 3,91	79	3,30 — 3,26	66
4,60 — 4,56	92	3,90 — 3,86	78	3,25 — 3,21	65
4,55 — 4,51	91	3,85 — 3,81	77	3,20 — 3,16	64
<b>«4, yaxshi» B</b>				3,15 — 3,11	63
4,50 — 4,46	90	3,80 — 3,76	76	3,10 — 3,06	62
4,45 — 4,41	89	3,75 — 3,71	75	3,05 — 3,01	61
4,40 — 4,36	88	3,70 — 3,66	74	3,00	60
4,35 — 4,31	87	3,65 — 3,61	73	<b>«2, qoniqarsiz» FX, F</b>	
				3,0 dan kam	60 dan kam

Talabalar bilimini baholash tizimi (Evropa kredit transfer tizimi, ECTS - European Credit Transfer System).

A (90-100); B (80-89,9); C (70-79,9); D (67-69,9); E (60-66,9); FX (50-59,9); F (0-49,9).

---

# TARQATMA MATERIALLAR

---

## **“QURILISH MEXANIKASI VA QURILISH KONSTRUKSIYALARI”**

fanidan menejment mutaxassisligi bo‘yicha  
tahsil olayotgan talabalar uchun hisoblash  
grafik ishlari masalalarining to‘plami

TOShKEHT - 2018

## HISOB GRAFIK ISHLARINI BAJARISH

### TARTIBI BO'YICHA UMUMIY KO'RSATMALAR

Hisob grafik ishlarida masalalar soni har bir mutaxassislik uchun o'quv rejasida ko'rsatiladi.

Har bir masala uchun berilgan qiymatlar va sxemalar o'qituvchi tomonidan talabaga berilgan raqamli shifrga binoan ko'rsatmada keltirilgan sxemalar va jadvallardan ko'chirib olinadi. Masalan, o'qituvchi tomonidan talabaga berilgan shifr 4.5 bo'lsin. Shu shifrga binoan tegishli hisoblash grafik ishida keltirilgan jadvaldan 4-qatordagi berilganlar, rasmdan esa 5-sxemani tanlash kerak.

Har bir mutaxassislik bo'yicha yuklamada ko'rsatilgan mavzular bo'yicha xisoblash grafik ishlari bajariladi.

Barcha tushunilmagan savollar bo'yicha hamda qo'llanmadagi yo'l qo'yilgan xato va kamchiliklarni tahlil qilish uchun tuzuvchilarga murojaat qilishingizni iltimos qilamiz.



**I-QISM**  
**I-HISOBLASH GRAFIK ISHI**  
**BALKA, RAMA VA EGRI BRUSLAR UCHUN**  
**EGUVCHI MOMENT(M), KO'NDALANG KUCH (Q)**  
**VA BO'YLAMA KUCH (N) EPYURALARINI QURISH**

Berilgan balka, rama va egri bruslar uchun quyidagilarni bajarish talab qilinadi:

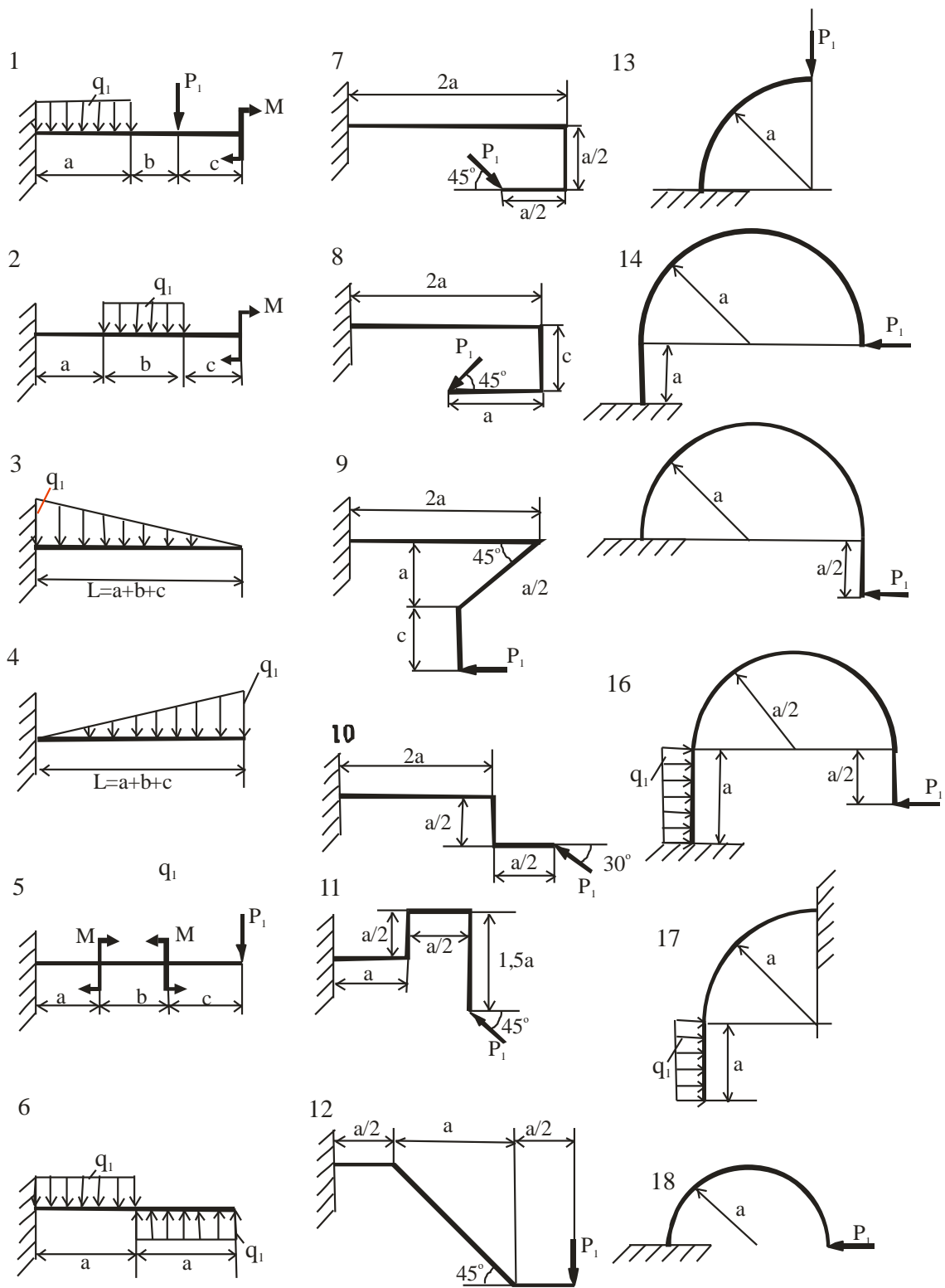
1. Tayanch reaksiyalari aniqlansin.
2. Eguvchi moment (M), ko'ndalang kuch (Q) va bo'ylama kuch (N) epyuralari qurilsin.
3. Epyuralardan M, Q, N larning eng katta qiymatlari aniqlansin.  
 Mazkur qiymatlarga mos kesimlar belgilansin.  
 Berilgan qiymatlar 1 va 2 jadvallardan, sxemalar esa 1-rasmdan olinsin.

1-jadval

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16	*6						57	40	44	*38	37	*30	*23	*16	9
17	7	*5						*56	*50	43	*38	31	*29	*21	*15
18	*18	3	*4						55	*54	48	*42	*36	*28	*22
19	*19	*17	9	*3						60	53	47	4	35	*27
20	*30	*20	*16	10	*2						*55	*49	46	*40	34
21	36	*29	*21	*15	11	*1						56	*50	45	*39
22	*42	35	*28	*22	*14	12	*1						47	*51	44
23	43	*41	34	*27	*23	*19	7	*2						58	*52
24	*49	44	*40	33	*28	*24	*18	8	*3						49
25	55	*50	45	*39	32	*25	*24	*17	9	*4					
26		56	51	48	*38	31	*25	*21	*16	10	*5				
27			*57	52	47	*37	36	*26	*22	*15	11	*6			
28				*58	*53	48	*38	35	*27	*21	*14	12	*6		
29					59	*54	47	*39	31	*28	*20	*13	7	*5	
30						60	*54	46	*40	33	*29	*19	*14	8	*4

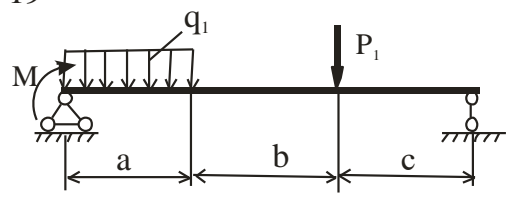
2-jadval

№	a (m)	b (m)	c (m)	P <sub>1</sub> (kH)	P <sub>2</sub> (kH)	q <sub>1</sub> (kH/m)	q <sub>2</sub> (kH/m)	M (kH·m)
1	3	2	1	2	3	2	1	3
2	2	2	1	3	2	2	1	4
3	3	2	2	4	3	3	2	4
4	2	1	1	3	2	2	1	2
5	2	2	1	3	4	1	2	3
6	2	3	1	3	3	2	2	2
7	3	2	1	2	3	2	1	4
8	3	2	1	3	2	1	2	3
9	3	3	1	3	3	2	2	4
0	3	3	1	4	3	3	2	4

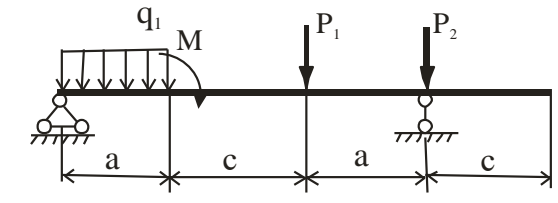


1 - rasm

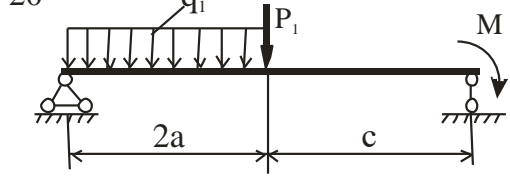
19



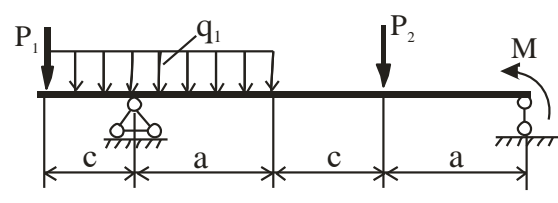
25



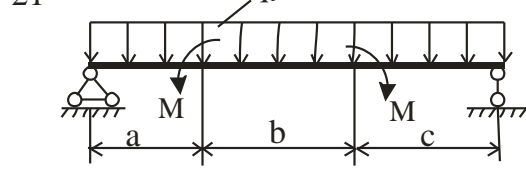
20



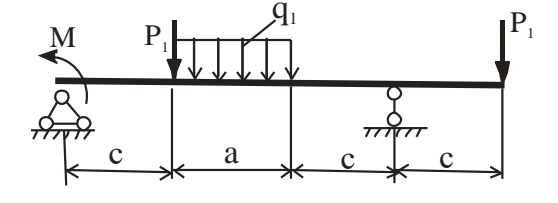
26



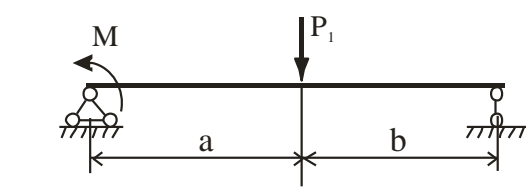
21



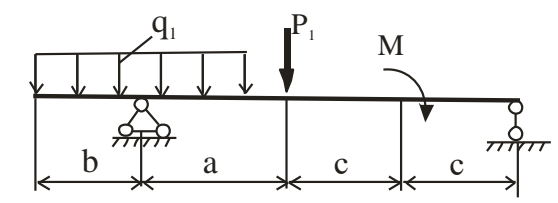
27



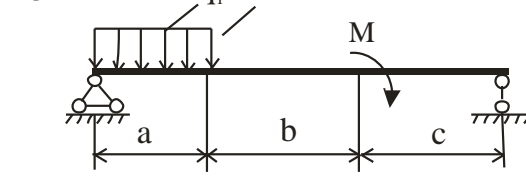
22



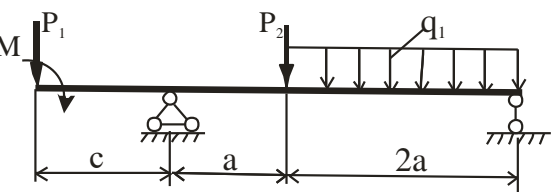
28



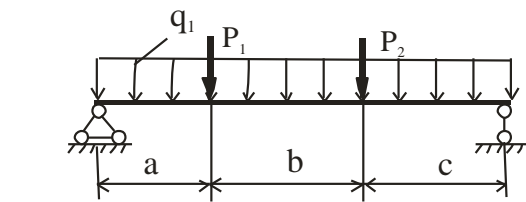
23



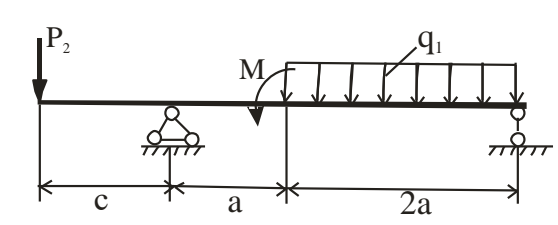
29



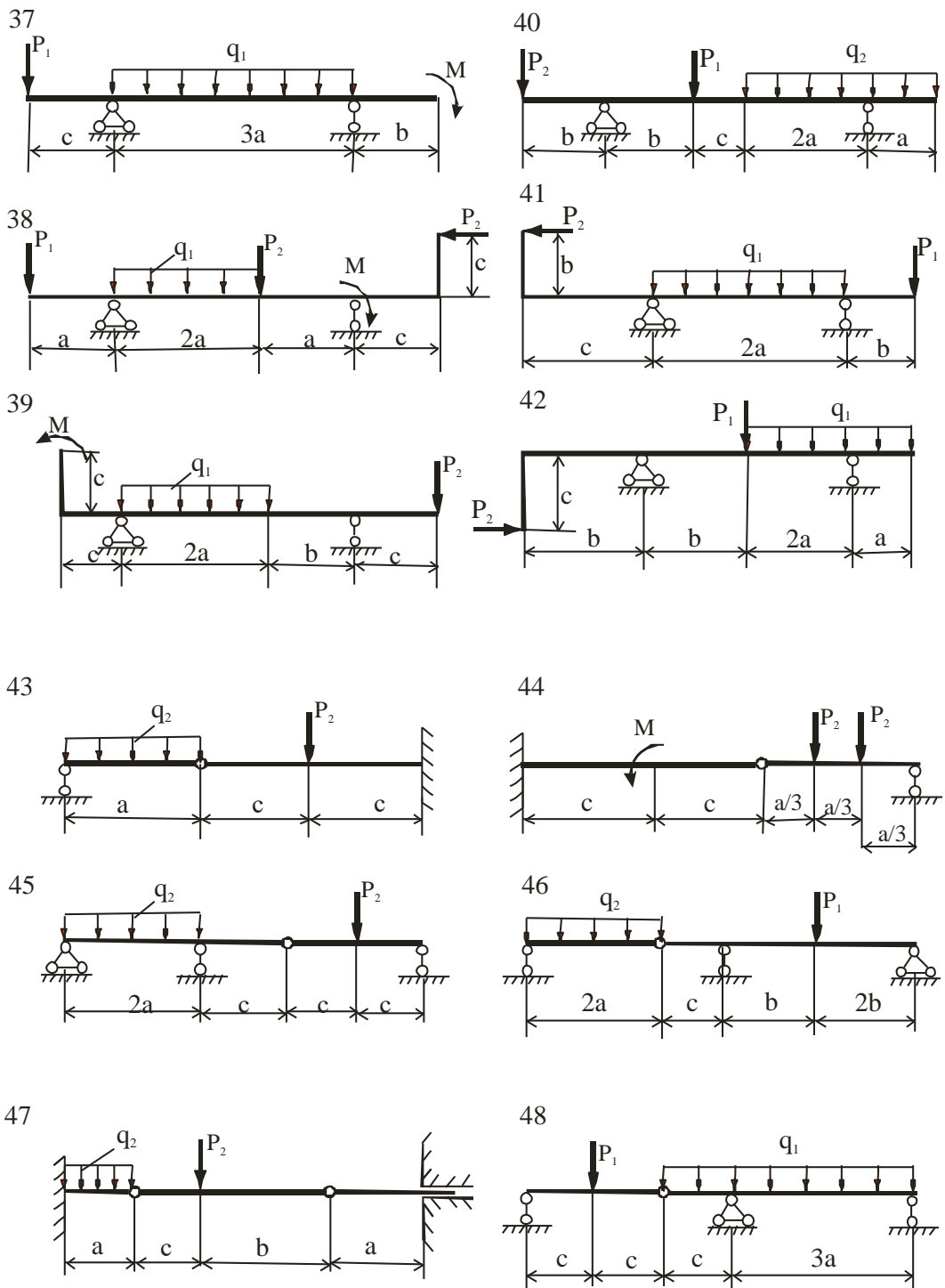
24



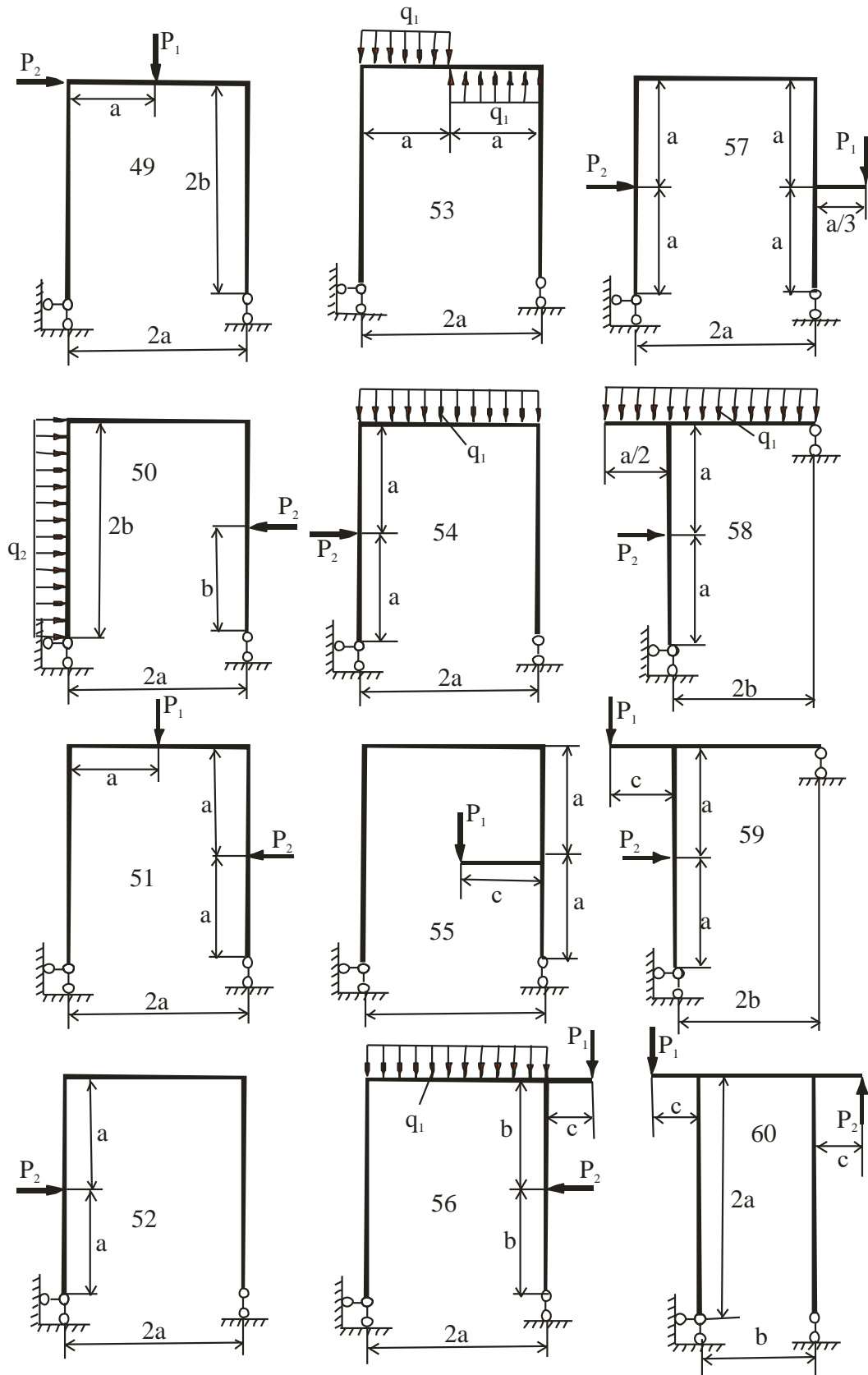
30



1-rasmhi (davomi)



1-rasmhi davomi



1-rasmni (davomi)

## II – HISOBLASH GRAFIK ISHI

### CHO‘ZILISH VA SIQILISHGA ISHLAYDIGAN STERJENLARNING HISOBI

#### 1 – MASALA

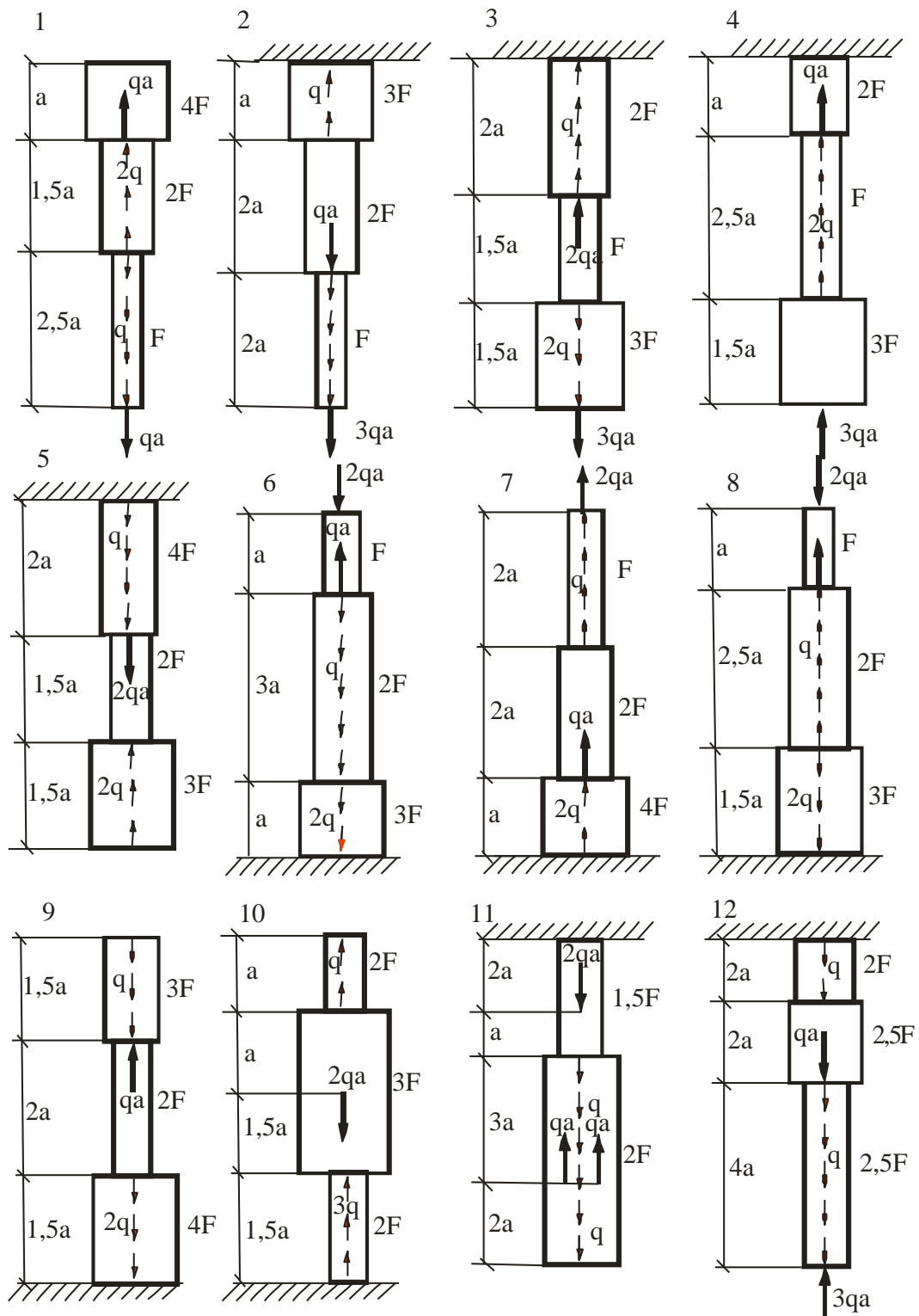
Berilgan pog‘onali sterjen uchun  $E=2 \cdot 10^8 \text{ kN/m}^2$ ,  $[\sigma]=160 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$  deb olinib, quyidagi amallarni bajarish talab qilinadi:

1. Sterjenning tayanch kesimidagi reaksiya kuchi aniqlansin.
2. Sterjen ko‘ndalang kesimlarida xosil bo‘ladigan bo‘ylama kuchlar, normal kuchlanishlar hamda ko‘chishlarning analitik ifodalari tuzilsin.
3. Bo‘ylama kuch, normal kuchlanish va ko‘ndalang kesimning ko‘chish epyuralari qurilsin.
4. Sterjenning umumiy deformatsiyasining absolyut qiymati aniqlansin.

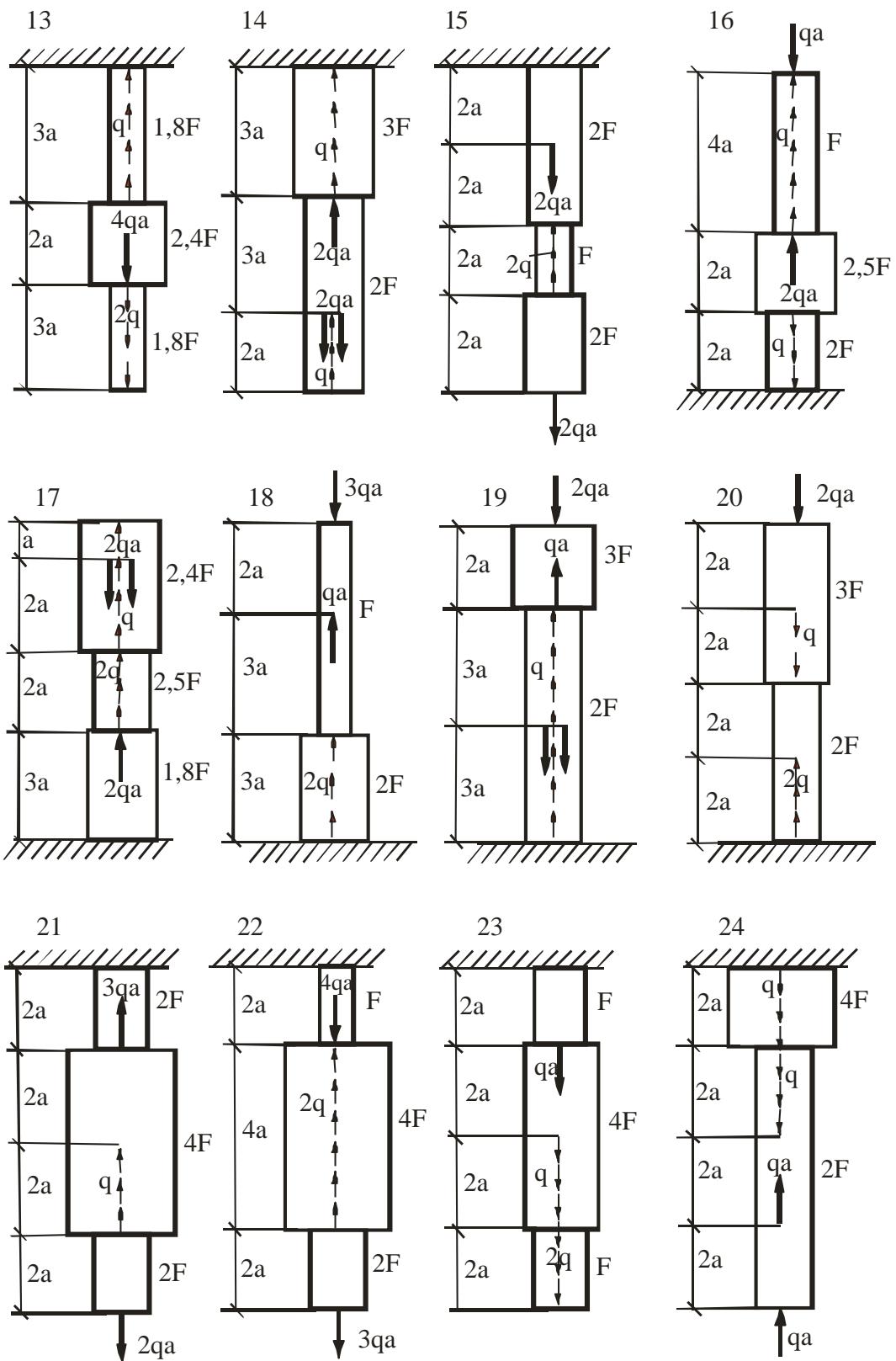
Masalaning sxemasi 2-rasmdan, o‘lchamlar, yuklarning qiymatlari 3- jadvaldan olinadi.

3-jadval

Shifrnıng 1-raqami	a, (m)	Shifrnıng 2-raqami	F, ( $\cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ )	Shifrnıng oxirgi raqami	q, (kH/m)
1	2,0	1	12,0	1	20,0
2	2,2	2	14,0	2	15,0
3	2,6	3	16,0	3	18,0
4	2,4	4	18,0	4	20,0
5	2,8	5	20,0	5	18,0
6	1,8	6	22,0	6	16,0
7	2,6	7	24,0	7	10,0
8	2,2	8	26,0	8	24,0
9	2,0	9	28,0	9	22,0
0	1,6	0	30,0	0	14,0

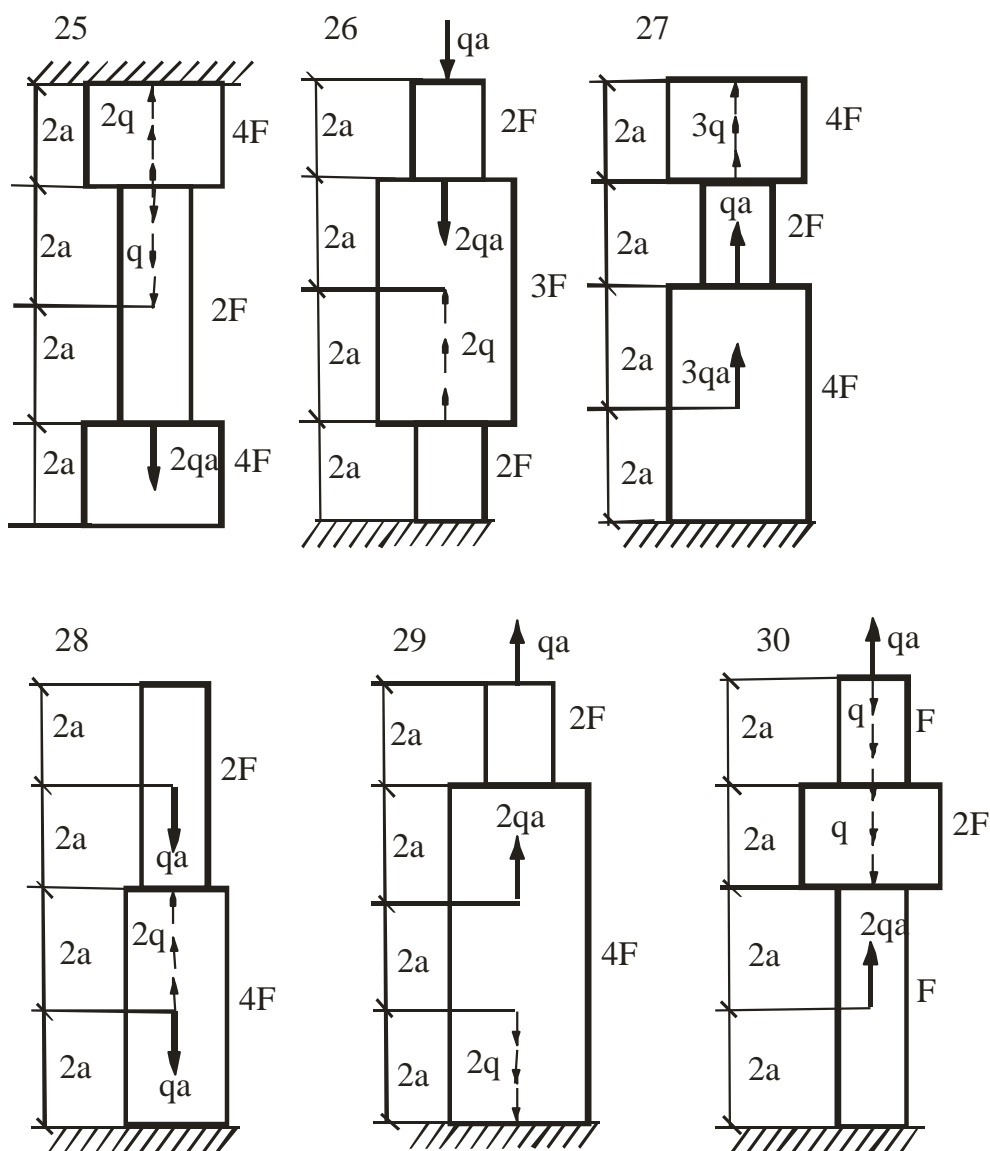


2-rasm



2-rasm (davomi)





2-rasm (davomi)

### III-HISOBLASH GRAFIK ISHI

#### NOSIMMETRIK KESIMLARNING INERSIYA MOMENTLARI

Berilgan nosimmetrik tekis kesim uchun quyidagilarni bajarish talab qilinadi:

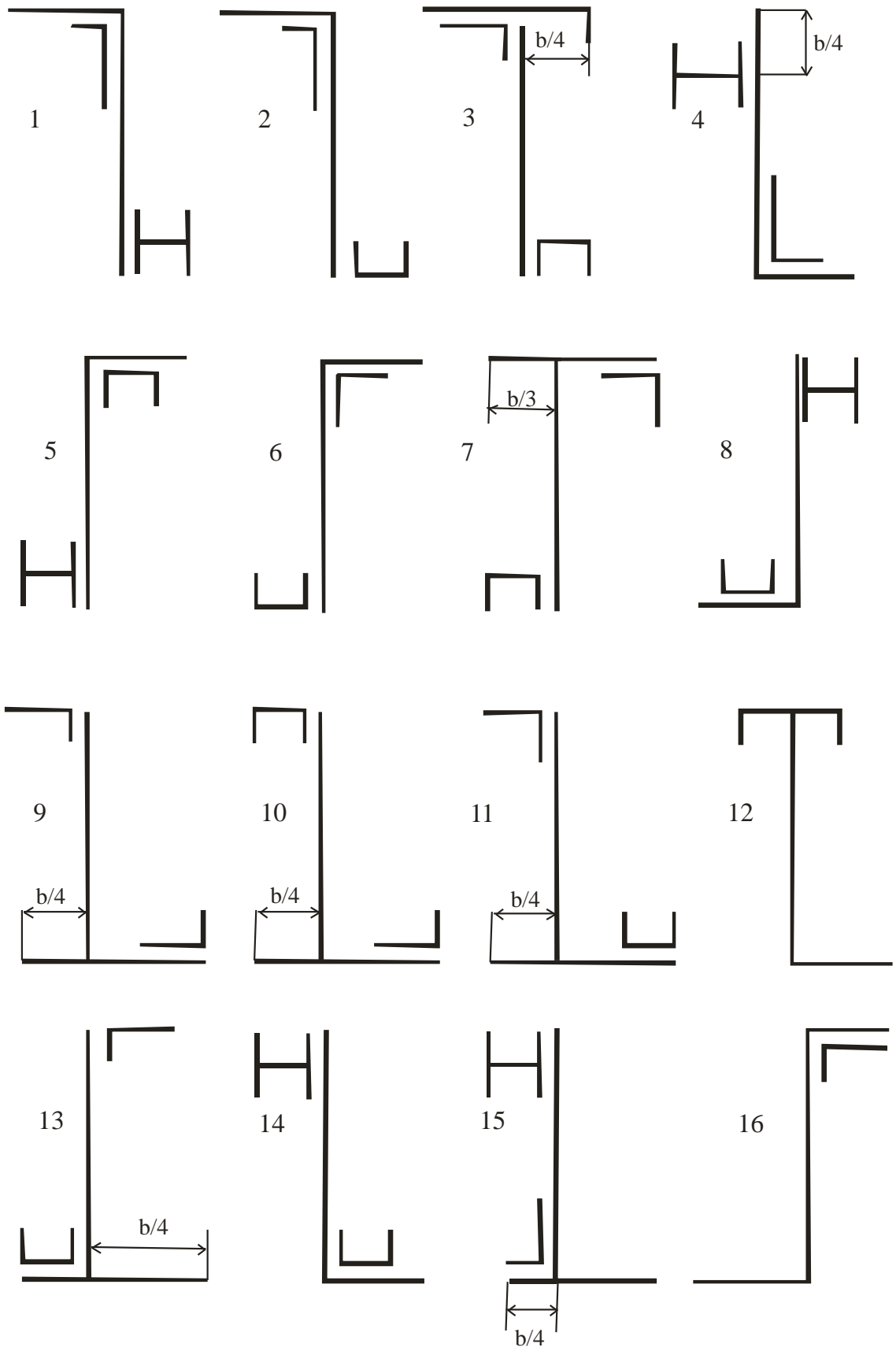
1. Analitik usulda berilgan kesim og'irlik markazining holati aniqlansin.
2. Kesimning og'irlik markazidan o'tgan o'zaro tik ikkita ixtiyoriy o'qlarga nisbatan inersiya momentlari hamda markazdan qochma inersiya momenti hisoblansin.
3. Bosh inersiya o'qlarining yo'nalishi aniqlansin.
4. Bosh inersiya momentlarining qiymatlari hisoblansin.
5. Ishni to'g'ri bajarilganligi tekshirilsin.

Berilgan qiymatlar 4- jadvaldan<sup>7</sup>, tekis kesim sxemasi esa 4-rasmdan olinadi.

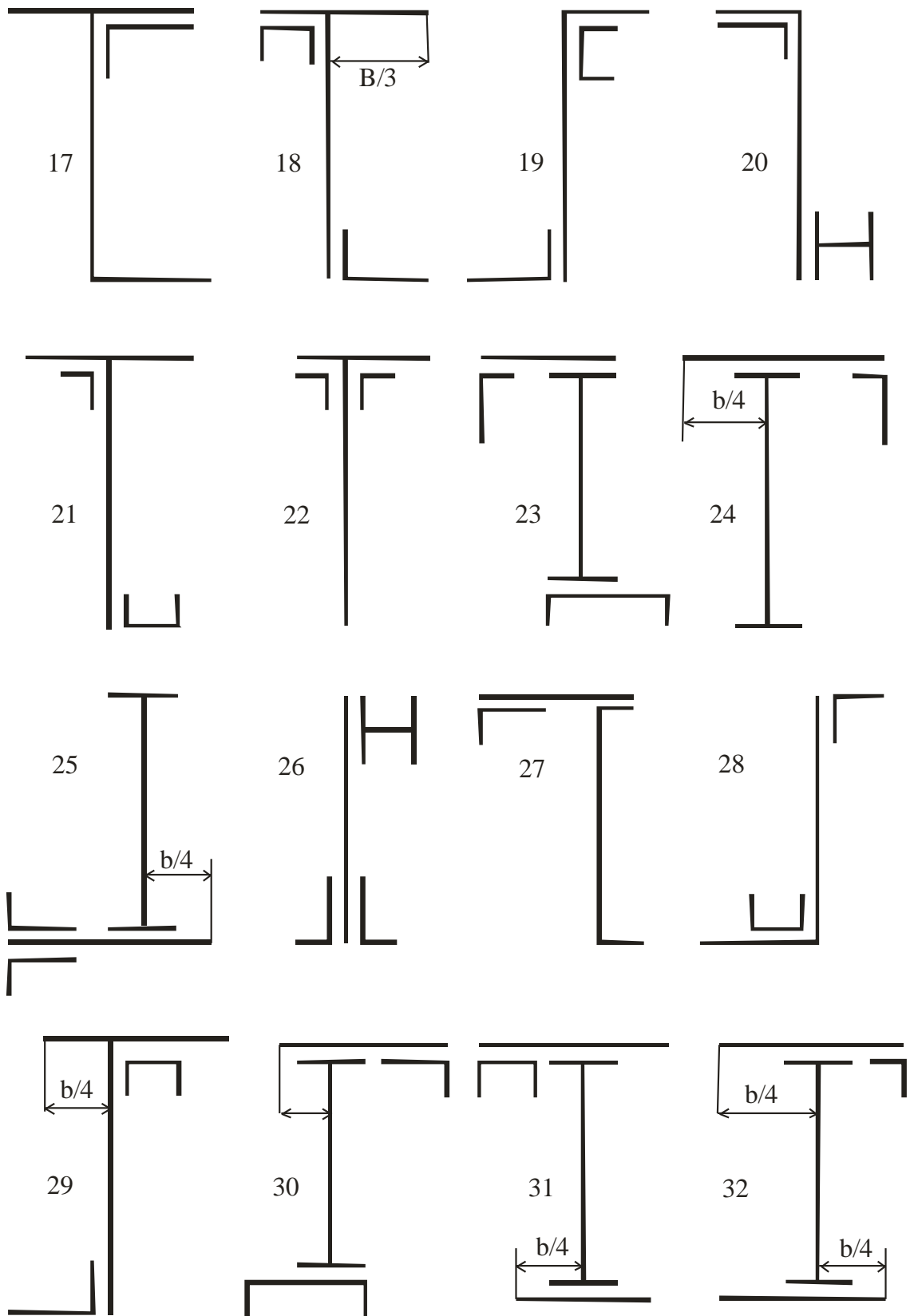
4- jadval

№	Teg yonli burchaklik	Yonlari teng bo'lmagan burchaklik	Qo'shtavr №	Shveller №	Vertikal list ( $\cdot 10^{-3}$ m)	Gorizontal list ( $\cdot 10^{-3}$ m)
1	90x90x8	100x63x10	24	16	500x10	400x10
2	100x100x10	110x70x10	24a	16a	500x12	400x12
3	110x110x8	125x80x10	27	18a	500x16	400x16
4	140x140x10	125x80x12	27a	22	600x10	400x20
5	140x140x12	140x90x10	30	22a	600x12	400x22
6	160x160x16	160x100x12	36	24	600x16	500x12
7	180x180x12	180x110x12	40	27	600x18	500x16
8	200x200x20	200x125x12	45	30	600x20	500x20
9	220x220x14	200x125x16	50	33	700x16	600x10
0	250x250x20	250x160x20	55	36	800x20	600x20

<sup>7</sup> Izoh: Jadvaldan faqat sxemada mavjud bo'lgan elementlar uchun qiymatlar yozib olinadi.



3-rasm



3-rasm (davomi)

## IV-HISOBLASH GRAFIK ISHI

### BALKANI HISOBI

Yuklanish sxemasi 4-rasmda va ko'ndalang kesim shakli 5- rasmda ko'rsatilgan po'lat balka uchun quyidagilar talab qilinadi:

1. Eguvchi moment  $M$  va ko'ndalang kuch  $Q$  epyuralari  $q$ ,  $\ell$  lar bilan ifodalanib qurilsin.

2. Berilgan  $\ell = 2$  m va ruxsat etilgan kuchlanish  $[\sigma] = 160 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$  uchun tarqalgan kuch intensivligining ruxsat etilgan qiymati  $[q]$  aniqlansin.

3. Bosh kuchlanishlarga nisbatan xavfli kesim aniqlanib, bu kesimdagi normal va urinma kuchlanishlar epyuralari qurilsin.

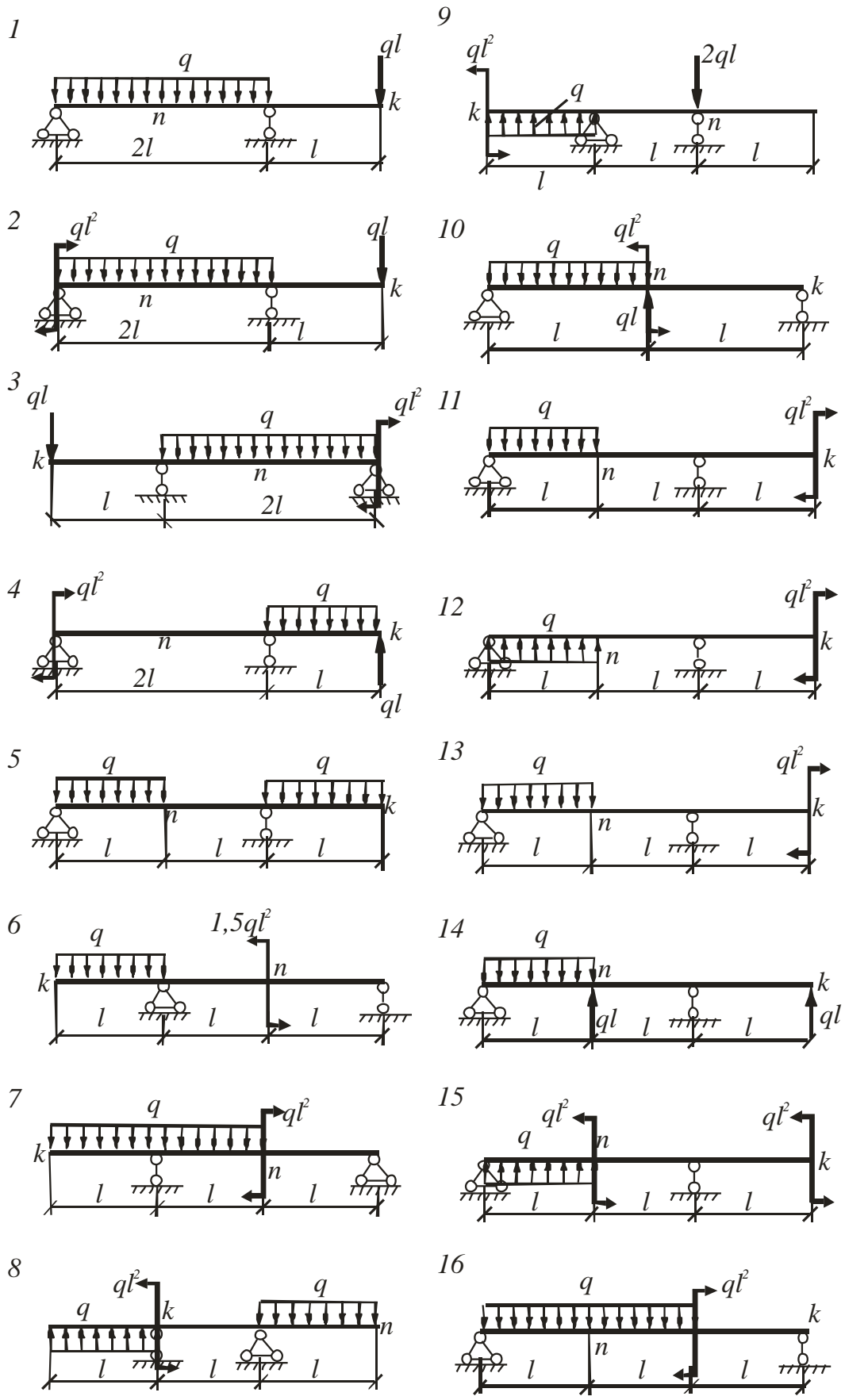
4. Balka mustahkamligi urinma kuchlanishga nisbatan tekshirib ko'rilsin. Urinma kuchlanishning ruxsat etilgan qiymati  $[\tau] = 0,58 \cdot [\sigma]$  deb qabul qilinsin.

5. Boshlang'ich parametrlar usuli yordamida balkaning belgilangan "n" va "k" kesimlarining salqiliklari va og'ish burchaklari aniqlansin.

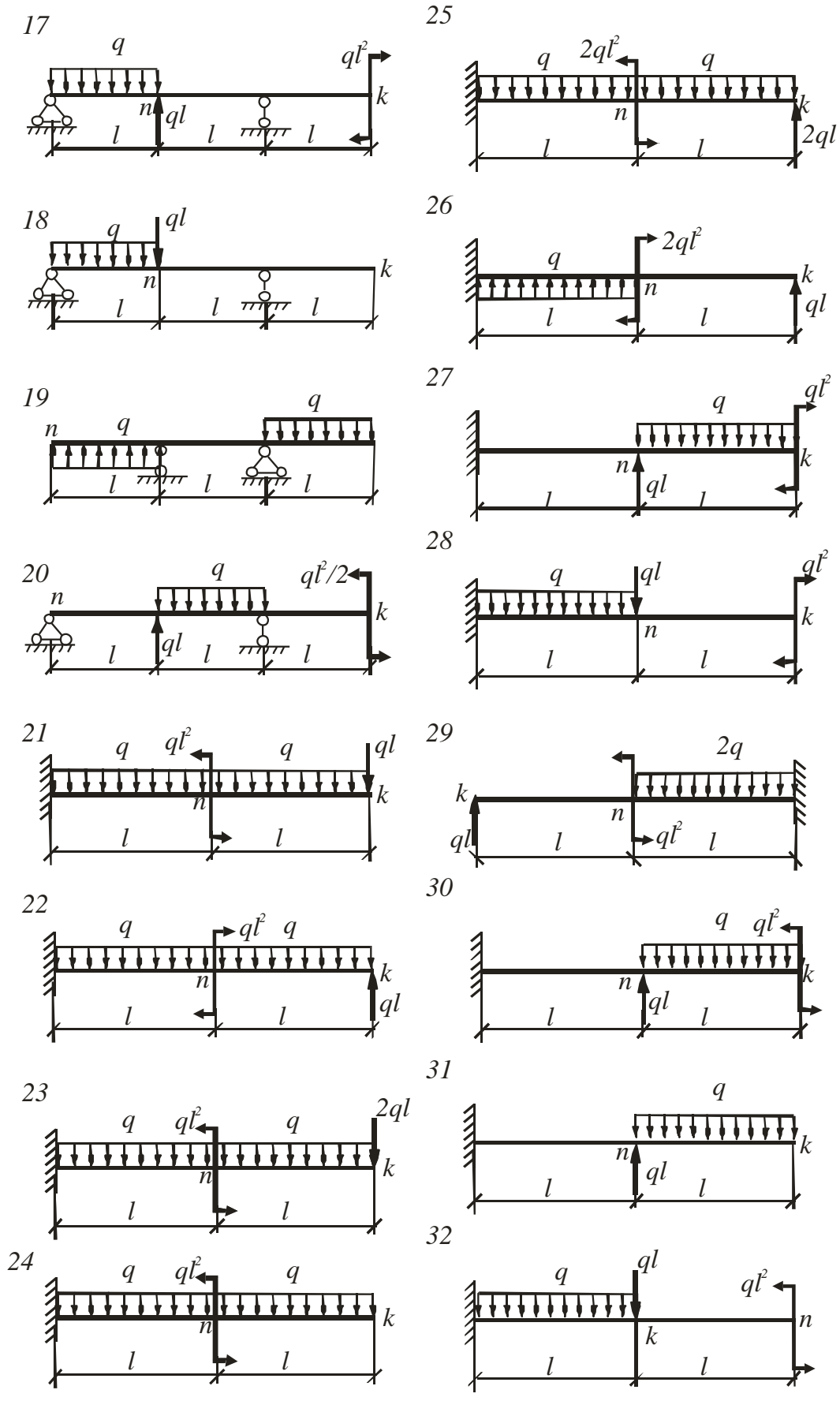
6. Balka o'qining egilish shakli tasvirlansin.

7. Berilgan balkaning kesimi qo'shtavrdan qayta tanlansin ( $[\sigma] = 160 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$ ). Qo'shtavr va berilgan kesimning yuzalari va bikliklari taqqoslansin.

8. Berilgan va qo'shtavrli kesim uchun balkaning biklik sharti tekshirib ko'rilsin. Ruxsat etilgan salqilik  $[f] = \ell/300$  deb qabul qilinsin.

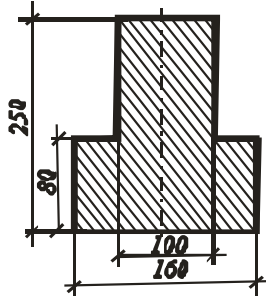


5-рaсм

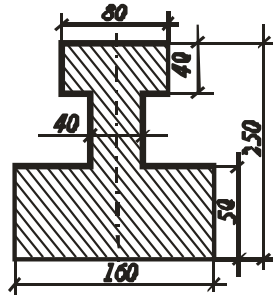


5-расм (давоми)

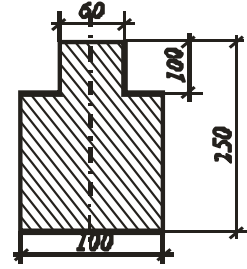
1



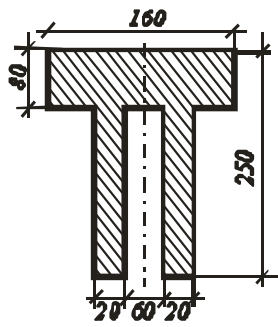
6



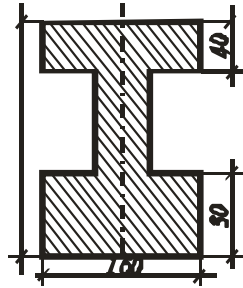
11



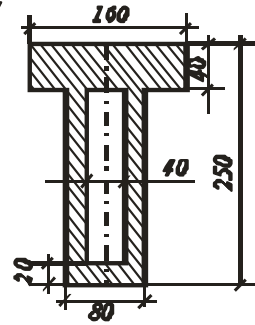
2



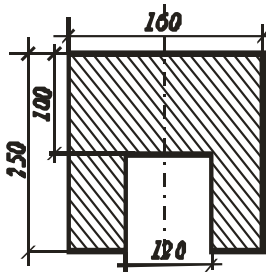
7



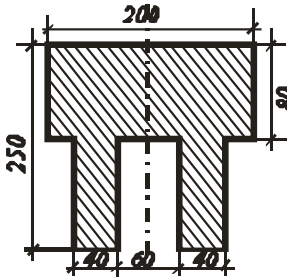
12



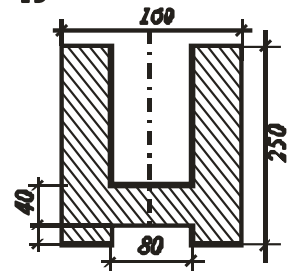
3



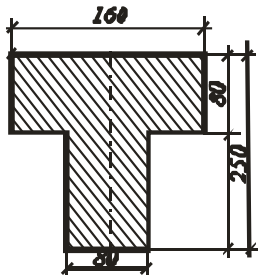
8



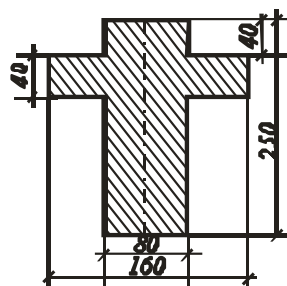
13



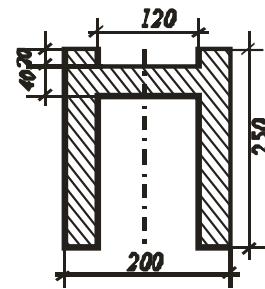
4



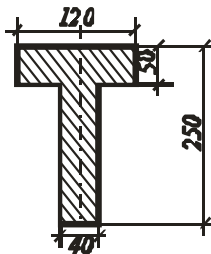
9



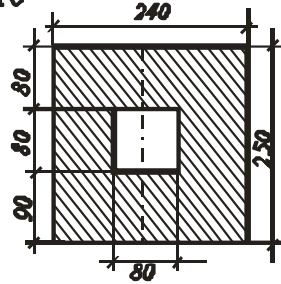
14



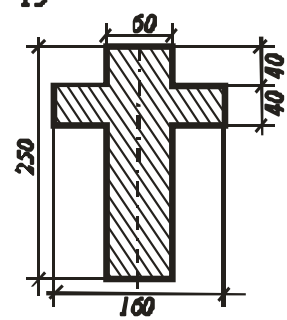
5



10

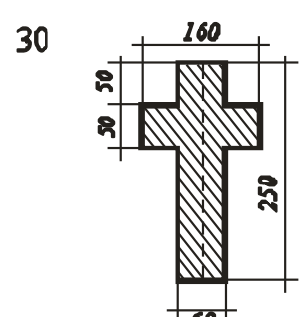
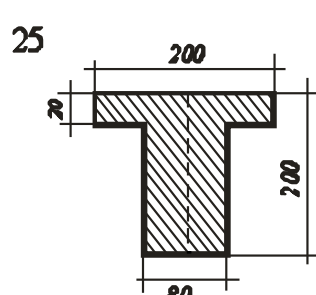
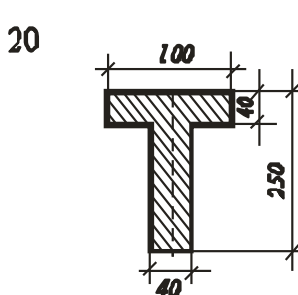
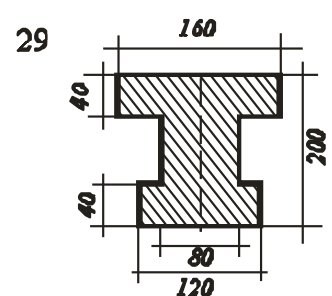
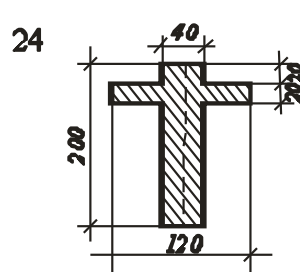
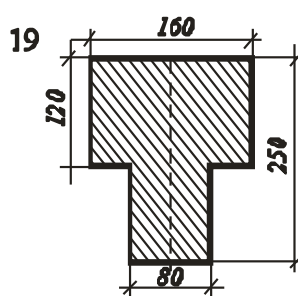
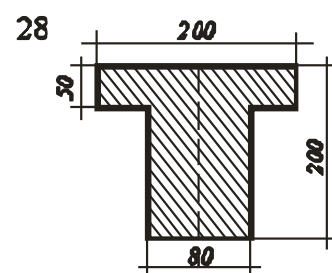
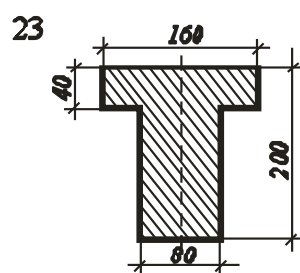
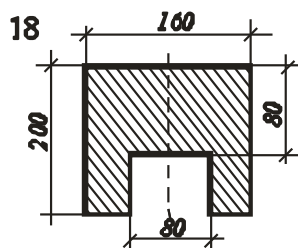
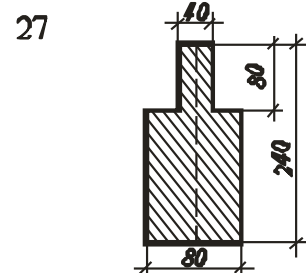
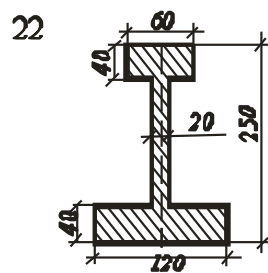
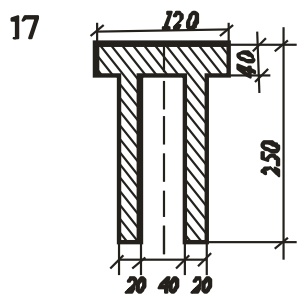
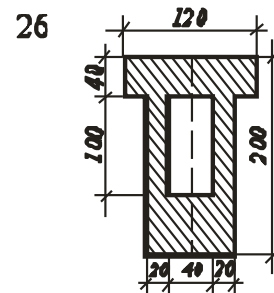
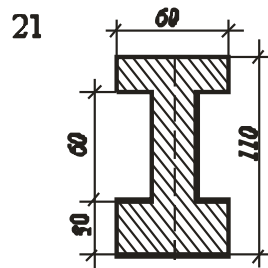
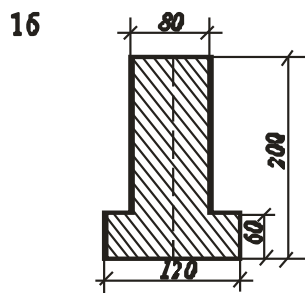


15



6-рasm





б-рaсм (дaвoми)

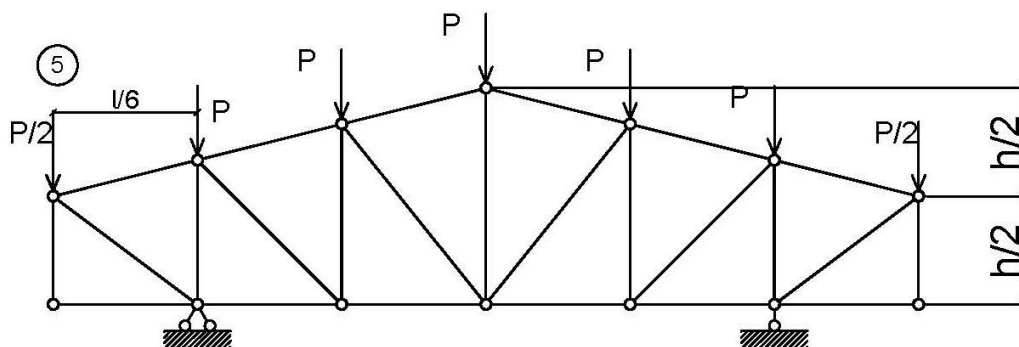
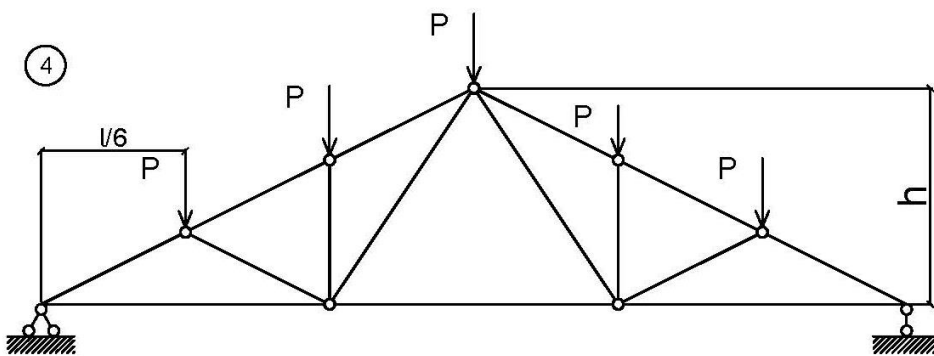
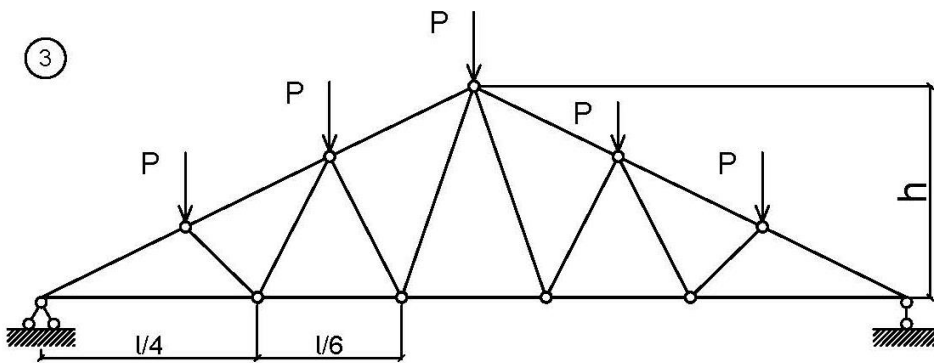
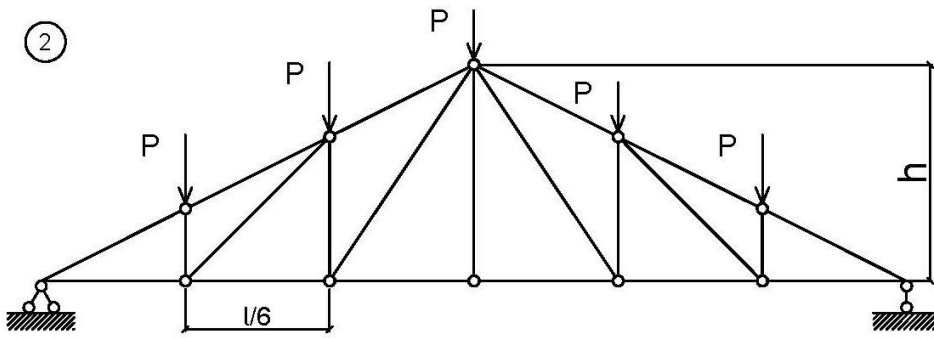
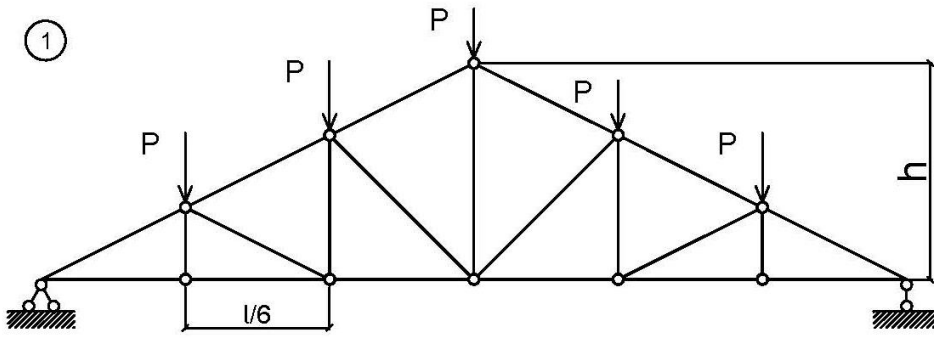
## II – HISOBLASH GRAFIK ISHI STATIK ANIQ ODDIY FERMANI HISOBLASH.

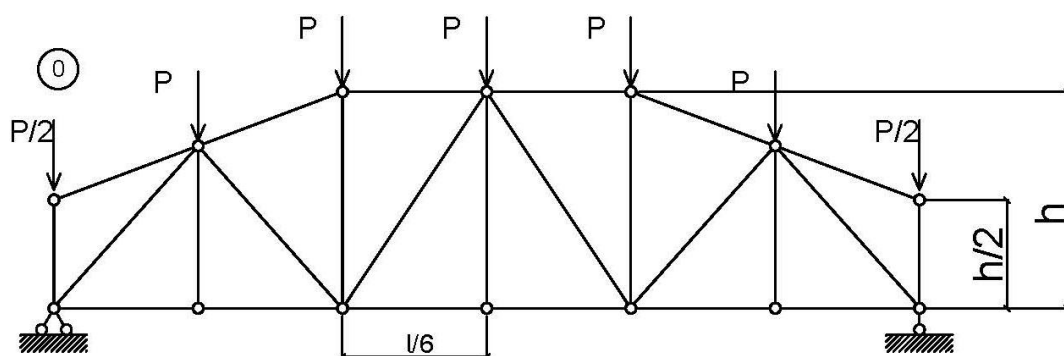
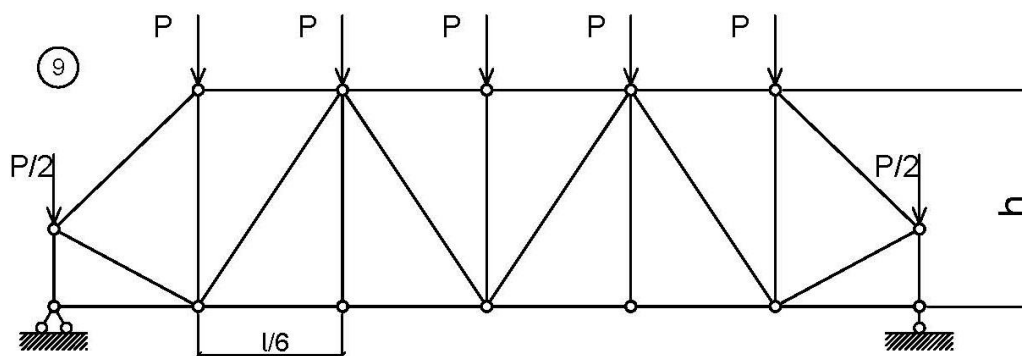
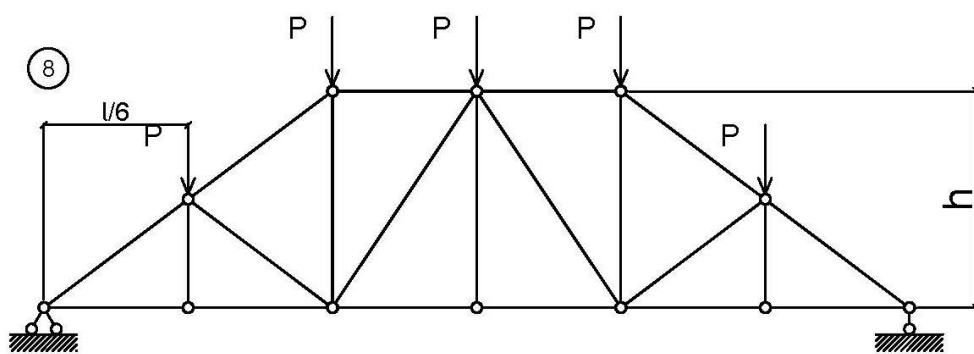
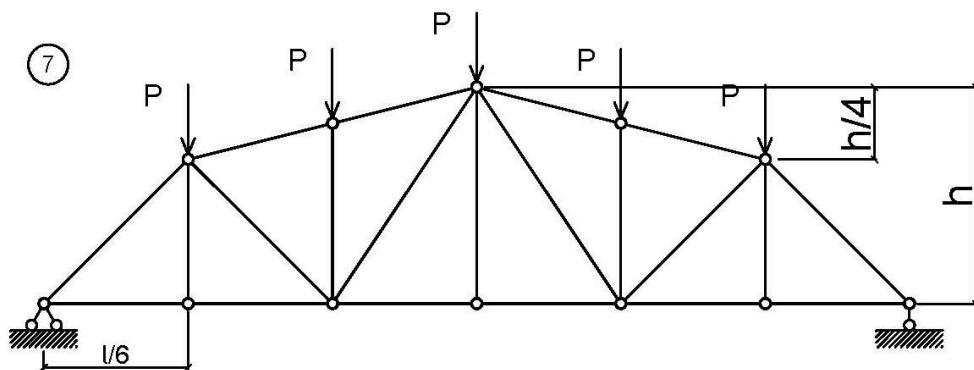
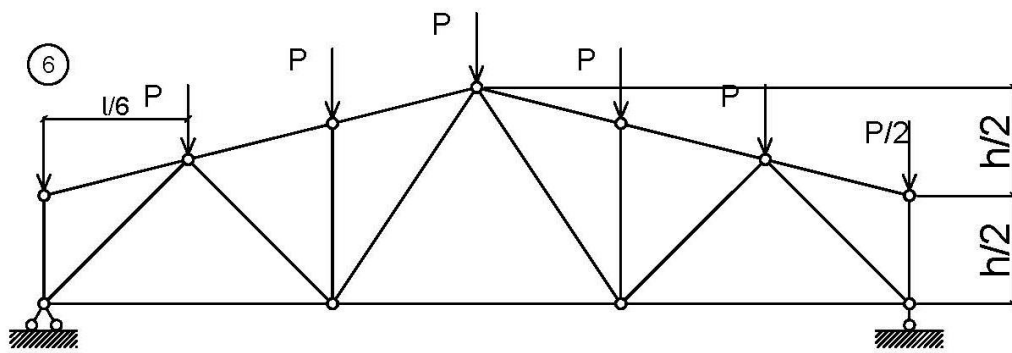
Berilgan ferma uchun quyidagilar talab qilinadi:

1. Berilgan panel sterjenlarida doimiy yuk ta'sirida hosil bo'lgan zo'riqishlarni analitik usulda aniqlansin.
  2. Shu sterjenlardagi zo'riqishlarning ta'sir chiziqlari chizilsin.
  3. Berilgan yukdan paydo bo'lgan zo'riqishlarning qiymatlari ta'sir chiziqlari yordamida hisoblansin.
  4. Analitik usulda topilganlari bilan taqqoslansin.
- Berilgan qiymatlar shifrga binoan 2- jadvaldan, sxemasi esa 2- rasmdan olinadi.

2 - jadval

Variant raqami	$\ell$ , m	h, m	P, κH	№ panel (chapdan)	Sxema №
1	30	3	2	2	1
2	30	3	4	3	2
3	24	3	2	4	3
4	24	3	4	5	4
5	30	6	2	2	5
6	18	6	4	3	6
7	24	8	2	4	7
8	30	4	4	5	8
9	24	5	2	2	9
10	24	4	4	3	10
11	24	3	4	4	1
12	24	3	2	5	2
13	18	3	4	2	3
14	18	3	2	3	4
15	24	6	4	4	5
16	24	6	2	5	6
17	30	8	4	2	7
18	24	4	2	3	8
19	30	5	4	4	9
20	30	4	2	5	10
21	18	3	2	2	1
22	18	3	4	3	2
23	30	3	2	4	3
24	30	3	4	5	4
25	18	6	2	2	5
26	30	6	4	3	6
27	18	8	2	4	7
28	18	4	4	5	8
29	18	5	2	2	9
30	18	4	4	3	10





2 – rasm (davomi)

### III-HISOBLASH GRAFIK ISHI

#### STATIK NOANIQ RAMANI KUHLAR USULIDA HISOBLASH.

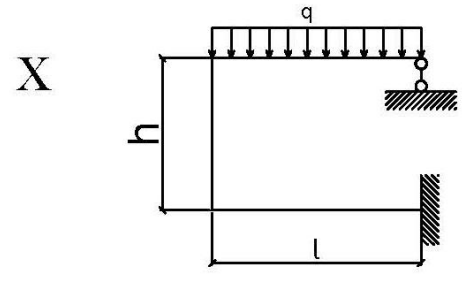
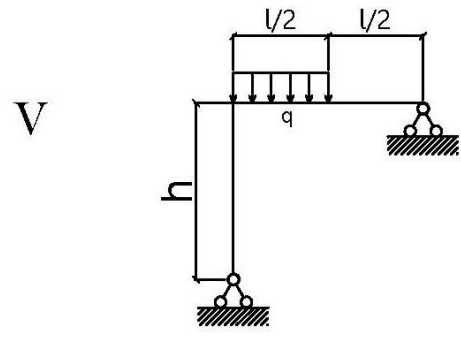
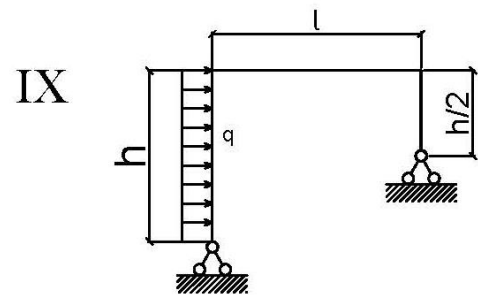
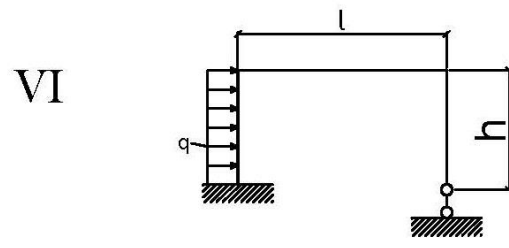
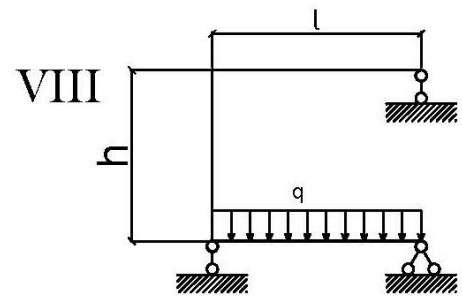
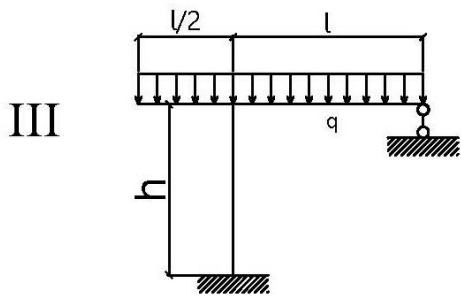
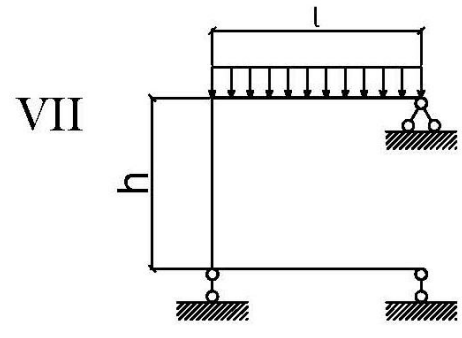
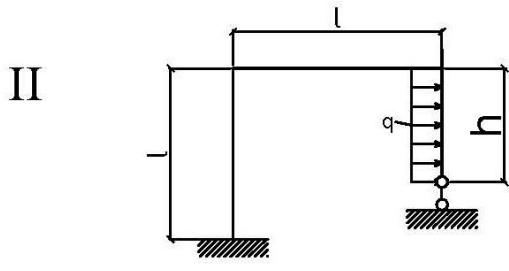
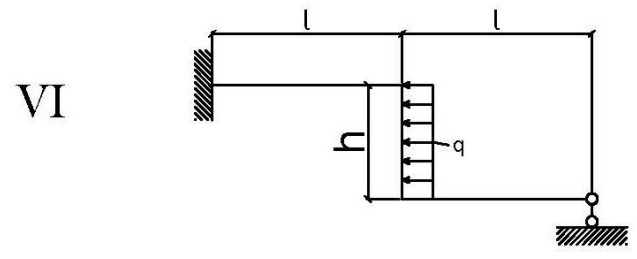
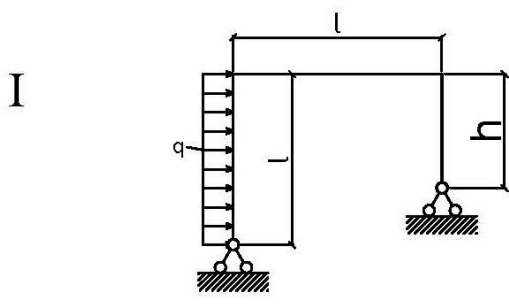
Berilgan rama uchun quyidagilarni bajarish talab qilinadi:

1. Ramaning statik noaniqlik darajasi aniqlansin;
2. Asosiy sistema tanlansin;
3. Kanonik tenglamalar sistemasi tuzilsin;
4. Birlik va tashqi kuchlardan eguvchi moment (M) epyuralari qurilsin;
5. Kanonik tenglama koeffitsientlari aniqlansin;
6. Kanonik tenglama koeffitsientlari tekshirilsin;
7. Tenglamalar sistemasi yechilsin;
8. Tuzatilgan eguvchi moment (M) epyuralari qurilsin;
9. Umumiy eguvchi moment epyurasi qurilsin;
10. Umumiy eguvchi moment epyurasi statik hamda deformatsion tekshirilsin;
11. Ko'ndalang kuch epyurasi qurilsin;
12. Bo'ylama kuch epyurasi qurilsin;
13. Umumiy statik tekshirilsin.

Berilgan qiymatlar shifrga binoan 4 – jadvaldan, sxemasi esa 4 – rasmdan olinadi.

4-jadval

Variant raqami	L (m)	q <sub>1</sub> (kN/m)	h (m)	Sxema raqami	J <sub>1</sub> :J <sub>2</sub>
1	8	2	10	1	1:2
2	12	2	8	2	2:3
3	8	4	6	3	1:3
4	10	4	8	4	1:3
5	8	2	4	5	2:3
6	6	1	6	6	1:3
7	6	2	8	7	2:3
8	10	1	12	8	3:2
9	4	4	10	9	3:4
10	12	1	4	10	1:2
11	8	1	4	1	2:3
12	12	4	10	2	1:3
13	8	1	12	3	2:3
14	10	2	8	4	3:2
15	8	1	6	5	3:4
16	6	2	4	6	1:2
17	6	4	8	7	2:3
18	10	4	6	8	1:3
19	4	2	8	9	1:3
20	12	2	6	10	2:3
21	12	4	10	1	3:2
22	4	2	8	2	3:4
23	10	1	6	3	1:2
24	6	1	8	4	2:3
25	6	2	4	5	1:3
26	8	2	6	6	1:2
27	10	4	8	7	2:3
28	8	4	12	8	1:3
29	12	2	10	9	2:3
30	8	4	4	10	3:2



4 – rasm.

---

# TESTLAR

---

№	Test topshirig'i	A	B	C	D
1	<b>Qurilish mexanikasi nima bilan shug'ullanadi?</b>	Inshootlarni hisoblash usullari bilan	Inshootlarning loyihasi bilan	Inshootlarning hisoblash sxemalari bilan	Inshootlarning shakli bilan
2	<b>Inshootlarning mustahkamligi deb nimaga aytiladi?</b>	Inshootlarning tashqi kuch ta'siriga buzilmasdan qarshilik ko'rsatish qobiliyatiga	Inshootlarning tashqi kuch ta'siriga darz ketib qarshilik ko'rsatish qobiliyatiga	Inshootlarning tashqi kuch ta'siriga shikastlanib qarshilik ko'rsatish qobiliyatiga	Inshootlarning tashqi kuch ta'siriga buzilib qarshilik ko'rsatish qobiliyatiga
3	<b>Inshootlarning bikirligi deb nimaga aytiladi?</b>	Inshootlarning deformatsiyaga qarshilik ko'rsatish qobiliyatiga	Inshootlarning to'plangan kuchga qarshilik ko'rsatish qobiliyatiga	Inshootlarning tarqalgan kuchga qarshilik ko'rsatish qobiliyatiga	Inshootlarning tashqi kuchga qarshilik ko'rsatish qobiliyatiga
4	<b>Inshootlarning ustuvorligi deb nimaga aytiladi?</b>	Inshootlarga tashqi kuch ta'sir etganda o'zining dastlabki muvozanat holatini saqlab qolish qobiliyatiga	Inshootlarga ko'ndalang kuch ta'sir etganda o'zining dastlabki muvozanat holatini saqlab qolish qobiliyatiga	Inshootlarga to'plangan moment ta'sir etganda o'zining dastlabki muvozanat holatini saqlab qolish qobiliyatiga	Inshootlarga tarqalgan moment ta'sir etganda o'zining dastlabki muvozanat holatini saqlab qolish qobiliyatiga
5	<b>Qurilish mexanikasining asosiy vazifasi nimadan iborat?</b>	Inshootlarning ichki zo'riqlari va deformatsiyalarini aniqlash	Inshootlarning qoldiq deformatsiyalarini aniqlash	Inshootlarning iqtisodiy jihatdan tejamliligini aniqlash	Tashqi yuklarini aniqlash
6	<b>Loyihalash hisobi deganda nima tushuniladi?</b>	Inshoot elementlarining o'lchamlarini ichki zo'riqlash va deformatsiyalar bo'yicha aniqlash	Inshoot elementlarining o'lchamlarini ichki zo'riqlashlar bo'yicha aniqlash	Inshoot elementlarining o'lchamlarini deformatsiyalar bo'yicha aniqlash	Inshoot elementlarining o'lchamlarini tashqi kuchlar bo'yicha aniqlash
7	<b>Tekshirish hisobi deganda nima tushuniladi?</b>	Inshoot elementlarining berilgan o'lchamlari bo'yicha ichki zo'riqlash va deformatsiyalarni aniqlash	Inshoot elementlarining berilgan o'lchamlari bo'yicha ichki zo'riqlashlarni aniqlash	Inshoot elementlarining berilgan o'lchamlari bo'yicha deformatsiyalarni aniqlash	Inshoot elementlarining berilgan o'lchamlari bo'yicha tashqi kuchlarni aniqlash
8	<b>Elementlarining tipiga ko'ra inshootlar qanday turlarga bo'linadi?</b>	Sterjenli sistemalar, plastinalar, qobiqlar va massiv jismlar	Sterjenli sistemalar, plastinalar va qobiqlar	Sterjenli sistemalar, plastinalar va massiv jismlar	Sterjenli sistemalar, qobiqlar va massiv jismlar
9	<b>Elementlarining o'zaro birikishi bo'yicha inshootlar qanday turlarga bo'linadi?</b>	Sharnirli, bikir tugunli va kombinatsiyalashgan	Tugunlari sharnirli	Bikir tugunli	Sharnirli va bikir tugunli
10	<b>Tugunlari sharnirli bog'langan sistemalarga misol keltiring?</b>	Ferma	Balka	Arka	Rama
11	<b>Tugunlari bikir bog'langan sistemalarga misol keltiring?</b>	Rama	Ferma	Balka	Arka
12	<b>Inshootlar ishlash xususiyatiga ko'ra</b>	Balka, rama va arka	Balka va arka	Balka va rama	Rama va arka



	<b>qanday turlarga bo'linadi?</b>				
13	<b>Qanday elementga balka deyiladi?</b>	Egilishga ishlaydigan to'g'ri sterjenga	Cho'zilishga ishlaydigan to'g'ri sterjenga	Siqilishga ishlaydigan to'g'ri sterjenga	Siljishga ishlaydigan to'g'ri sterjenga
14	<b>Qanday sistemaga arka deyiladi?</b>	Siqilish va egilishga ishlaydigan, ikki uchi qo'zg'almas qilib biriktirilgan, ikkita egri sterjendan iborat sistemaga	Cho'zilish va egilishga ishlaydigan, ikki uchi qo'zg'almas qilib biriktirilgan, ikkita egri sterjendan iborat sistemaga	Siqilish va siljishga ishlaydigan, ikki uchi qo'zg'almas qilib biriktirilgan, ikkita egri sterjendan iborat sistemaga	Cho'zilish va siljishga ishlaydigan, ikki uchi qo'zg'almas qilib biriktirilgan, ikkita egri sterjendan iborat sistemaga
15	<b>Qanday sistemaga rama deyiladi?</b>	Asosan egilishga ishlaydigan, tugunlari bikir va sharnirli qilib biriktirilgan sterjenli sistemaga	Asosan siljishga ishlaydigan, tugunlari bikir va sharnirli qilib biriktirilgan sterjenli sistemaga	Asosan cho'zilishga ishlaydigan, tugunlari bikir va sharnirli qilib biriktirilgan sterjenli sistemaga	Asosan siqilishga ishlaydigan, tugunlari bikir va sharnirli qilib biriktirilgan sterjenli sistemaga
16	<b>Qanday elementga sterjen deyiladi?</b>	Uzunligi ko'ndalang kesim o'lchamlariga nisbatan bir necha marta katta bo'lgan elementga	Uzunligi ko'ndalang kesim o'lchamlariga nisbatan bir necha marta kichik bo'lgan elementga	Uzunligi ko'ndalang kesim o'lchamlariga teng bo'lgan elementga	Uzunligi ko'ndalang kesim o'lchamlariga teng bo'lmagan elementga
17	<b>Qanday elementga plastina deyiladi?</b>	Qalinligi eni va uzunligiga nisbatan bir necha marta kichik bo'lgan elementga	Qalinligi eni va uzunligiga nisbatan bir necha marta katta bo'lgan elementga	Eni qalinligi va uzunligiga nisbatan bir necha marta kichik bo'lgan elementga	Eni qalinligi va uzunligiga nisbatan bir necha marta katta bo'lgan elementga
18	<b>Qanday elementga massiv jism deyiladi?</b>	Uchta o'lchami ham bir-biridan deyarli farq qilmaydigan inshoot elementiga	Uchta o'lchami ham bir-biridan keskin farq qiladigan inshoot elementiga	Ikkita o'lchami bir-biridan deyarli farq qilmaydigan inshoot elementiga	Ikkita o'lchami bir-biridan keskin farq qiladigan inshoot elementiga
19	<b>Qo'zg'aluvchan-sharnirli tayanchda nechta reaksiya paydo bo'ladi?</b>	Bitta	Uchta	Ikkita	To'rtta
20	<b>Qo'zg'almas-sharnirli tayanchda nechta reaksiya paydo bo'ladi?</b>	Ikkita	Bitta	To'rtta	Ikkita
21	<b>Qistirib mahkam-langani tayanchda nechta reaksiya paydo bo'ladi?</b>	Uchta	Ikkita	Bitta	To'rtta
22	<b>Kuchlar ta'sirining mustaqillik prinsipi deganda nima tushuniladi?</b>	Kuchlar sistemasining birgalikdagi ta'siridan hosil bo'lgan natija har bir kuchning alohida ta'siridan hosil bo'lgan natijalarning yig'indisiga teng	Kuchlar sistemasining birgalikdagi ta'siridan hosil bo'lgan natija har bir kuchning alohida ta'siridan hosil bo'lgan natijalarning yig'indisiga teng emas	Kuchlar sistemasining birgalikdagi ta'siridan hosil bo'lgan natija har bir kuchning alohida ta'siridan hosil bo'lgan natijalarning yig'indisidan kichik	Kuchlar sistemasining birgalikdagi ta'siridan hosil bo'lgan natija har bir kuchning alohida ta'siridan hosil bo'lgan natijalarning yig'indisidan katta
23	<b>Hisoblash sxemasi deb</b>	Inshootlarning soddalashtirilgan va	Inshootlarning haqiqiy sxemasiga	Inshootlarning murakkab	Inshootlarning geometrik

	<b>nimaga aytiladi?</b>	ideallashtirilgan sxemasiga		ko'inishdagi haqiqiy sxemasiga	sxemasiga
24	<b>Inshootlarning hisoblash sxemasini tanlash nimalarga bog'liq?</b>	Inshootlarning o'zaro bog'lanishi va elementlarining ishlariga	Inshootning ahamiyatiga	Inshootning turiga	Inshootning xajmiga
25	<b>Qanday sistemaga fazoviy sistema deyiladi?</b>	Uch o'lchamli sistemaga	Ikki o'lchamli sistemaga	Bir o'lchamli sistemaga	Turli o'lchamli sistemaga
26	<b>Qanday sistemaga tekis sistema deyiladi?</b>	Elementlari bir tekislikda joylashgan sistemaga	Elementlari ikki tekislikda joylashgan sistemaga	Elementlari uch tekislikda joylashgan sistemaga	Elementlari turli tekislikda joylashgan sistemaga
27	<b>Inshootlarni hisoblash qaysi asosiy xususiyatlariga muvofiq bajariladi?</b>	Inshootning materiali mutlaqo elastik va yaxlit (g'ovaksiz) deb qabul qilinishiga	Inshootning materiali plastik va yaxlit (g'ovaksiz) deb qabul qilinishiga	Inshootning materiali mutlaqo elastik deb qabul qilinishiga	Inshootning materiali yaxlit (g'ovaksiz) deb qabul qilinishiga
28	<b>Qanday sistemaga statik aniq sistema deyiladi?</b>	Zo'riqishlari faqat muvozanat tenglamalari orqali aniqlanadigan sistemaga	Zo'riqishlari faqat deformatsiyaning bog'lanish tenglamalari orqali aniqlanadigan sistemaga	Zo'riqishlari statika va deformatsiyaning bog'lanish tenglamalari orqali aniqlanadigan sistemaga	Zo'riqishlari muvozanat va deformatsiyaning bog'lanish tenglamalari orqali aniqlanadigan sistemaga
29	<b>Qanday sistemaga statik noaniq sistema deyiladi?</b>	Hisoblash qo'shimcha deformatsiyaning bog'lanish tenglamalari orqali bajariladigan sistemaga	Hisoblash qo'shimcha statikaning tenglamalari orqali bajariladigan sistemaga	Hisoblash qo'shimcha muvozanat tenglamalari orqali bajariladigan sistemaga	Hisoblash statikaning tenglamalari orqali bajariladigan sistemaga
30	<b>Qanday yukka doimiy yuk deyiladi?</b>	Inshootga doim ta'sir etuvchi yukka	Tayanchga doim ta'sir etuvchi yukka	Bikir tayanchga doim ta'sir etuvchi yukka	Bog'lanishlarga doim ta'sir etuvchi yukka
31	<b>Qanday yukka vaqtinchalik (muvaqqat) yuk deyiladi?</b>	Inshootga ma'lum vaqt davomida ta'sir etuvchi yukka	Bog'lanishga ma'lum vaqt davomida ta'sir etuvchi yukka	Tayanchga ma'lum vaqt davomida ta'sir etuvchi yukka	Bikir tayanchga ma'lum vaqt davomida ta'sir etuvchi yukka
32	<b>Qanday yukka statik yuk deyiladi?</b>	Inshootga ohista, asta-sekin, zarbsiz va vibratsiyasiz ta'sir qiladigan yukka	Tayanchga ohista, asta-sekin, zarbsiz va vibratsiyasiz ta'sir qiladigan yukka	Bikir tayanchga ohista, asta-sekin, zarbsiz va vibratsiyasiz ta'sir qiladigan yukka	Bog'lanishga ohista, asta-sekin, zarbsiz va vibratsiyasiz ta'sir qiladigan yukka
33	<b>Qanday yukka dinamik yuk deyiladi?</b>	Vaqt o'tishi bilan qiymati va yo'nalishi tez o'zgaradigan yukka	Vaqt o'tishi bilan qiymati va yo'nalishi sekin o'zgaradigan yukka	Vaqt o'tishi bilan qiymati va yo'nalishi o'zgarmaydigan yukka	Vaqt o'tishi bilan qiymati va yo'nalishi bir tekisda o'zgaradigan yukka
34	<b>Qanday yukka to'plangan yuk deyiladi?</b>	Bir nuqtaga qo'yilgan yukka	Ikki nuqtaga qo'yilgan yukka	Ucha nuqtaga qo'yilgan yukka	Bir chiziqqa qo'yilgan yukka
35	<b>Qanday yukka tarqalgan yuk deyiladi?</b>	Yuza yoki bir chiziq bo'yicha tarqalgan yukka	Yuza yoki bir chiziq bo'yicha to'plangan yukka	Yuza yoki bir chiziq bo'yicha tarqalgan dinamik yukka	Yuza yoki bir chiziq bo'yicha to'plangan dinamik yukka
36	<b>Inshootlarga qo'yilish joyiga</b>	Qo'zg'almas va harakatlanuvchi	Qo'zg'almas va doimiy yuklarga	Qo'zg'almas va vaqtinchalik	Qo'zg'almas va harakatlanuvchi

	ko'ra yuklar qanday turlarga bo'linadi?	yuklarga		yuklarga	dinamik yuklarga
37	<b>Qanday yukka harakatlanuvchi yuk deyiladi?</b>	Inshootning turli joylariga ta'sir qiladigan yukka	Inshootning ma'lum joylariga ta'sir qiladigan yukka	Inshootning turli joylariga ta'sir qiladigan dinamik yukka	Inshootning alohida joylariga ta'sir qiladigan yukka
38	<b>Yuklarning asosiy birikmasi qanday yuklardan iborat bo'ladi?</b>	Doimiy, uzoq muddatli va qisqa muddatli yuklar	Doimiy va uzoq muddatli yuklar	Doimiy va qisqa muddatli yuklar	Uzoq muddatli va qisqa muddatli yuklar
39	<b>Yuklarning maxsus birikmasi qanday yuklardan iborat bo'ladi?</b>	Doimiy, uzoq muddatli, qisqa muddatli yuklar va maxsus yuklardan biri	Doimiy, uzoq muddatli yuklar va maxsus yuklardan biri	Doimiy, qisqa muddatli yuklar va maxsus yuklardan biri	Uzoq muddatli, qisqa muddatli yuklar va maxsus yuklardan biri
40	<b>Inshootlarning kinematik analizi nima uchun bajariladi?</b>	Inshootning geometrik o'zgarishlarini aniqlash uchun	Inshootning erkinlik darajasini aniqlash uchun	Inshootning bog'lanishlar sonini aniqlash uchun	Inshootning holatini aniqlash uchun
41	<b>Qanday sistemaga geometrik o'zgarishlar sistema deyiladi?</b>	Tashqi yuk ta'sirida o'zining geometrik shakli va holatini saqlovchi sistemaga	Deformatsiyasiz o'zining geometrik shaklini o'zgartirmaydigan sistemaga	Deformatsiyasiz o'zining holatini o'zgartirmaydigan sistemaga	Deformatsiyasiz o'zining geometrik shakli va holatini o'zgartirmaydigan sistemaga
42	<b>Qanday sistemaga geometrik o'zgaruvchan sistema deyiladi?</b>	Geometrik shakli va holati elementlarining deformatsiyasiz o'zgaruvchi sistemaga	Geometrik shakli elementlarining deformatsiyalanishi tufayli o'zgaruvchi sistemaga	Berilgan holati elementlarining deformatsiyalanishi tufayli o'zgaruvchi sistemaga	Geometrik shakli va holati elementlarining deformatsiyalanishi tufayli o'zgaruvchi sistemaga
43	<b>Qanday sistemaga oniy o'zgaruvchan sistema deyiladi?</b>	Yuk qo'yilishi bilan darhol o'zgaradigan sistemaga	Yuk qo'yilgandan so'ng ancha vaqt o'tgandan keyin o'zgaradigan sistemaga	Yuk qo'yilmasdan oldin o'zgaradigan sistemaga	Yuk qo'yilgandan so'ng asta-sekin o'zgaradigan sistemaga
44	<b>Sistemaning erkinlik darajasi deb nimaga aytiladi?</b>	Sistemaning holatini aniqlovchi bir-biriga bog'liq bo'lmagan geometrik parametrlar soni	Sistema tugunlari sonini aniqlovchi bir-biriga bog'liq bo'lmagan geometrik parametrlar soni	Sistema sterjenlari sonini aniqlovchi bir-biriga bog'liq bo'lmagan geometrik parametrlar soni	Sistema sharnirlari sonini aniqlovchi bir-biriga bog'liq bo'lmagan geometrik parametrlar soni
45	<b>Sistemaning erkinlik darajasi qaysi formula bilan aniqlanadi?</b>	$W = 3D - 2Sh - S_t$	$W = 3D + 2Sh - S_t$	$W = 3D - 2Sh + S_t$	$W = 3D + 2Sh + S_t$
46	<b>Sistema erkinlik darajasining qaysi qiymatida geometrik o'zgaruvchan bo'ladi?</b>	$W > 0$	$W < 0$	$W = 0$	$W \leq 0$
47	<b>Sistema erkinlik darajasining qaysi qiymatida geometrik o'zgarishlar bo'ladi?</b>	$W = 0$	$W > 0$	$W \neq 0$	$W < 0$
48	<b>Sistema erkinlik darajasining</b>	$W < 0$	$W = 0$	$W > 0$	$W \neq 0$

	<b>qaysi qiymatida geometrik o'zgarma va statik noaniq bo'ladi?</b>				
49	<b>Inshootni struktura jihatidan analiz qilish nima uchun zarur?</b>	Sistemaning geometrik o'zgarishligining analitik sharti yetarli emas	Sistemaning geometrik o'zgarishligining analitik sharti sodda	Sistemaning geometrik o'zgarishligining analitik sharti yetarli	Sistemaning geometrik o'zgarishligining analitik shartimurakkab
50	<b>Ikki diskni o'zaro qanday tutashirishda o'zgarma sistema hosil bo'ladi?</b>	Agar disklar bir nuqtada kesishmaydigan va bir-biriga parallel bo'lmagan uchta sterjen bilan bog'langan bo'lsa	Agar disklar bir nuqtada kesishadigan va bir-biriga parallel bo'lmagan uchta sterjen bilan bog'langan bo'lsa	Agar disklar bir nuqtada kesishmaydigan va bir-biriga parallel bo'lgan uchta sterjen bilan bog'langan bo'lsa	Agar disklar bir nuqtada kesishadigan va bir-biriga parallel bo'lgan uchta sterjen bilan bog'langan bo'lsa
51	<b>Uchta diskni o'zaro qanday tutashirishda o'zgarma sistema hosil bo'ladi?</b>	Agar disklar bir to'g'ri chiziqda yotmagan uchta sharnir bilan bog'langan bo'lsa	Agar disklar bir to'g'ri chiziqda yotgan uchta sharnir bilan bog'langan bo'lsa	Agar disklar bir to'g'ri chiziqda yotmagan ikkita sharnir bilan bog'langan bo'lsa	Agar disklar bir to'g'ri chiziqda yotgan ikkita sharnir bilan bog'langan bo'lsa
52	<b>O'zgaruvchan sistemani qurilishda qo'llash mumkinmi?</b>	Inshoot sifatida qo'llash mumkin emas	Vaqtinchalik inshoot sifatida qo'llash mumkin	Sistemaning qo'zg'aluvchanligi ni aniqlash uchun qo'llash mumkin	Hisoblash sxemasi sifatida qo'llash mumkin
53	<b>Zo'riqlarning ta'sir chizig'i deb nimaga aytiladi?</b>	Birlik kuch inshoot bo'ylab harakat qilganida uning ixtiyoriy kesimidagi zo'riqlash miqdorining o'zgarishini ifodalovchi grafikka	Birlik kuch inshoot bo'ylab harakat qilganida uning ixtiyoriy kesimidagi to'plangan kuchning o'zgarishini ifodalovchi grafikka	Birlik kuch inshoot bo'ylab harakat qilganida uning ixtiyoriy kesimidagi tarqalgan kuchning o'zgarishini ifodalovchi grafikka	Birlik kuch inshoot bo'ylab harakat qilganida uning ixtiyoriy kesimidagi to'plangan va tarqalgan kuchning o'zgarishini ifodalovchi grafikka
54	<b>Tayanch reaksiyasining ta'sir chizig'i qanday chiziladi?</b>	x masofaga muvofiq tayanch reaksiyasining miqdori aniqlanib chiziladi	x masofaga muvofiq chap tayanch reaksiyasining yo'nalishi aniqlanib chiziladi	x masofaga muvofiq o'ng tayanch reaksiyasining yo'nalishi aniqlanib chiziladi	x masofaga muvofiq ikkala tayanchlarining yo'nalishi aniqlanib chiziladi
55	<b>Ko'ndalang kuch ta'sir chizig'i qanday chiziladi?</b>	x masofaga muvofiq ko'ndalang kuchning miqdori birlik kuchning berilgan kesimga nisbatan ikki holati bo'yicha aniqlanib chiziladi	Ko'ndalang kuchning miqdori birlik kuchning berilgan kesimga nisbatan chap qismidagi holati bo'yicha aniqlanib chiziladi	Ko'ndalang kuchning miqdori birlik kuchning berilgan kesimga nisbatan o'ng qismidagi holati bo'yicha aniqlanib chiziladi	Ko'ndalang kuchning chap tayanchdagi miqdori aniqlanib chiziladi
56	<b>Eguvchi moment ta'sir chizig'i qanday chiziladi?</b>	x masofaga muvofiq eguvchi momentning miqdori birlik kuchning berilgan kesimga nisbatan ikki holati bo'yicha aniqlanib chiziladi	Eguvchi momentning miqdori birlik kuchning berilgan kesimga nisbatan chap qismidagi holati bo'yicha aniqlanib chiziladi	Eguvchi momentning miqdori birlik kuchning berilgan kesimga nisbatan o'ng qismidagi holati bo'yicha aniqlanib chiziladi	Eguvchi momentning chap tayanchdagi miqdori aniqlanib chiziladi
57	<b>Tayanch reaksiyasi ta'sir chizig'i</b>	O'lchovsiz kattalik	$[m]$	$[N/m]$	$[kN/m]$

	<b>ordinatasi nima bilan o'lganadi?</b>				
58	<b>Ko'ndalang kuch ta'sir chizig'i ordinatasi nima bilan o'lganadi?</b>	O'lchovsiz kattalik	$[N/m]$	$[kN/m]$	$[m]$
59	<b>Eguvchi moment ta'sir chizig'i ordinatasi nima bilan o'lganadi?</b>	$[m]$	$[kN/m]$	O'lchovsiz kattalik	$[N/m]$
60	<b>Zo'riqishlarning qiymatlari qaysi formula bilan aniqlanadi?</b>	$S_i = \sum_{i=1}^n P_i \cdot y_i +$ $+ \sum_{i=1}^n q_i \cdot \omega_i +$ $+ \sum_{i=1}^n M_i \cdot tg \alpha_i$	$S_i = \sum_{i=1}^n P_i \cdot y_i +$ $+ \sum_{i=1}^n M_i \cdot tg \alpha_i$	$S_i = \sum_{i=1}^n P_i \cdot y_i +$ $+ \sum_{i=1}^n q_i \cdot \omega_i$	$S_i = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \omega_i +$ $+ \sum_{i=1}^n M_i \cdot tg \alpha_i$
61	<b>Ko'p oraliqli statik aniq balka deb qanday sistemaga aytiladi?</b>	Bir necha oddiy balkalarni bir-birlariga sharnirlar vositasida tutashirilgan ko'p oraliqli statik aniq geometrik o'zgarmas sistemaga	Bir necha oddiy balkalarni bir-birlariga sharnirlar vositasida tutashirilgan ko'p oraliqli statik aniq geometrik o'zgaruvchan sistemaga	Bir necha oddiy balkalarni bir-birlariga sharnirlar vositasida tutashirilgan ko'p oraliqli geometrik o'zgarmas statik noaniq sistemaga	Bir necha oddiy balkalarni bir-birlariga sharnirlar vositasida tutashirilgan ko'p oraliqli statik noaniq geometrik o'zgaruvchan statik noaniq sistemaga
62	<b>Ko'p oraliqli statik aniq balka uzluksiz balkadan nimasi bilan farq qiladi?</b>	Alohida statik aniq elementlardan tashkil topgan bo'lib, zo'riqishlari tayanchlarning cho'kishiga bog'liq emas	Alohida statik aniq elementlardan tashkil topgan bo'lib, zo'riqishlari tayanchlarning cho'kishiga bog'liq emas	Alohida statik noaniq elementlardan tashkil topgan bo'lib, zo'riqishlari tayanchlarning cho'kishiga bog'liq emas	Alohida statik noaniq elementlardan tashkil topgan bo'lib, zo'riqishlari tayanchlarning cho'kishiga bog'liq emas
63	<b>Ko'p oraliqli statik aniq balka elementlarining o'zaro ta'sirini ifodalovchi sxema nima uchun chiziladi?</b>	Balka qanday elementlardan iborat ekanligini bilish va ishini yaqqol tasavvur qilish uchun	Alohida balkalarning o'zaro qanday bog'langanligini bilish va ishini yaqqol tasavvur qilish uchun	Balka qanday tayanchlardan iborat ekanligini bilish va ishini yaqqol tasavvur qilish uchun	Balkaga qanday kuchlar ta'sir etayotganini bilish va ishini yaqqol tasavvur qilish uchun
64	<b>Ko'p oraliqli statik aniq balka qanday elementlardan iborat?</b>	Asosiy, ikkinchi darajali va osma balkalardan	Asosiy va ikkinchi darajali balkalardan	Asosiy va osma balkalardan	Ikkinchi darajali va osma balkalardan
65	<b>Asosiy balka deb qanday balkaga aytiladi?</b>	Fundament bilan bevosita bog'langan balkaga	Qo'zg'aluvchan-sharnirli tayanch bilan bevosita bog'langan balkaga	Qo'zg'almas-sharnirli tayanch bilan bevosita bog'langan balkaga	Qo'shni balkalar bilan bevosita bog'langan balkaga
66	<b>Qo'shimcha sharnirlar soni qaysi formuladan aniqlanadi?</b>	$Sh = S_i - 3$	$Sh = S_i + 3$	$Sh = 3D + 3$	$Sh = 3D - 3$
67	<b>Har bir oraliqqa nechtagacha sharnir joylashtirish mumkin?</b>	Ko'pi bilan ikkita	Bitta	Uchta	Ko'pi bilan uchta
68	<b>Qo'shimcha juft sharnirlar qanday talablarga muvofiq</b>	Ikki sharnirli oraliqlar sharnirsiz oraliqlar bilan almashinib	Ikki sharnirli oraliqlar bitta sharnirli oraliqlar	Ikki sharnirli oraliqlar ikkita sharnirli oraliqlar	Ikki sharnirli oraliqlar ikkinchi oraliqdan boshlab

	<b>joylashtiriladi?</b>	kelishi kerak	bilan almashinib kelishi kerak	bilan almashinib kelishi kerak	ketma-ket kelishi mumkin
69	<b>Qo'shimcha toq sharnirlar qanday talablarga muvofiq joylashtiriladi?</b>	Bir sharnirli oraliqlar ikkinchi oraliqdan boshlab ketma-ket kelishi mumkin	Bir sharnirli oraliqlar sharnirsiz oraliq bilan almashinib kelishi kerak	Bir sharnirli oraliqlar birinchi oraliqdan boshlab ketma-ket kelishi mumkin	Bir sharnirli oraliqlar uchinchi oraliqdan boshlab ketma-ket kelishi mumkin
70	<b>Ko'p oraliqli sharnirli balkalar qanday tartibda hisoblanadi?</b>	Avvalo eng yuqori qavatdagi balka elementlarining zo'riqishlari aniqlanadi, so'ngra pastdagilarning	Avvalo osma balkalarning zo'riqishlari aniqlanadi, so'ngra pastdagilarning	Avvalo ikkinchi darajali balkalarning zo'riqishlari aniqlanadi, so'ngra pastdagilarning	Avvalo asosiy balkaning zo'riqishlari aniqlanadi, so'ngra qolganlarining
71	<b>Ko'p oraliqli sharnirli balkalar uchun eguvchi momentlar epyurasi qanday tartibda chiziladi?</b>	Avvalo alohida balkalarning eguvchi moment epyuralari chiziladi, so'ngra ular umumiy o'q ustiga keltiriladi	Avvalo asosiy balkalarning eguvchi moment epyuralari chiziladi, so'ngra ular umumiy o'q ustiga keltiriladi	Avvalo ikkinchi darajali balkalarning eguvchi moment epyuralari chiziladi, so'ngra ular umumiy o'q ustiga keltiriladi	Avvalo osma balkalarning eguvchi moment epyuralari chiziladi, so'ngra ular umumiy o'q ustiga keltiriladi
72	<b>Ko'p oraliqli sharnirli balkalar uchun ko'ndalang kuch epyurasi qanday tartibda chiziladi?</b>	Avvalo alohida balkalarning ko'ndalang kuch epyuralari chiziladi, so'ngra ular umumiy o'q ustiga keltiriladi	Avvalo asosiy balkalarning ko'ndalang kuch epyuralari chiziladi, so'ngra ular umumiy o'q ustiga keltiriladi	Avvalo ikkinchi darajali balkalarning ko'ndalang kuch epyuralari chiziladi, so'ngra ular umumiy o'q ustiga keltiriladi	Avvalo osma balkalarning ko'ndalang kuch epyuralari chiziladi, so'ngra ular umumiy o'q ustiga keltiriladi
73	<b>Ko'p oraliqli sharnirli balkalar zo'riqishlarining ta'sir chiziqlari qanday tartibda chiziladi?</b>	Avvalo kesimi berilgan balka zo'riqishlarining ta'sir chiziqlari chiziladi, so'ngra birlik kuchning qo'shni balkalardagi harakati tekshirilib davom ettiriladi yoki shunday qoladi	Avvalo asosiy balka zo'riqishlarining ta'sir chiziqlari chiziladi, so'ngra birlik kuchning qo'shni balkalardagi harakati tekshirilib davom ettiriladi yoki shunday qoladi	Avvalo ikkinchi darajali balka zo'riqishlarining ta'sir chiziqlari chiziladi, so'ngra birlik kuchning qo'shni balkalardagi harakati tekshirilib davom ettiriladi yoki shunday qoladi	Avvalo osma balka zo'riqishlarining ta'sir chiziqlari chiziladi, so'ngra birlik kuchning qo'shni balkalardagi harakati tekshirilib davom ettiriladi yoki shunday qoladi
74	<b>Qanday sistemaga uch sharnirli sistema deyiladi?</b>	Bir-biri bilan o'zaro bitta sharnir vositasida va fundamentga ikkita qo'zg'almas sharnirli tayanch yordamida bog'langan ikki diskdan iborat geometrik o'zgarmas sistemaga	Bir-biri bilan o'zaro bitta sharnir vositasida va fundamentga ikkita qo'zg'aluvchan sharnirli tayanch yordamida bog'langan ikki diskdan iborat geometrik o'zgarmas sistemaga	Bir-biri bilan o'zaro bitta sharnir vositasida va fundamentga ikkita bikir tayanch yordamida bog'langan ikki diskdan iborat geometrik o'zgarmas sistemaga	Bir-biri bilan o'zaro bitta sharnir vositasida va fundamentga sharnirli va bikir sharnirli tayanchlar yordamida bog'langan ikki diskdan iborat geometrik o'zgarmas sistemaga
75	<b>Arkali sistema balkaga nisbatan qanday afzalliklarga ega?</b>	Arkali sistemalarda eguvchi moment qiymati kam, shu sababli ular iqtisodiy tomondan afzal hisoblanadi	Arkali sistemalarda eguvchi moment qiymati ko'p, shu sababli ular iqtisodiy tomondan afzal hisoblanadi	Arkali sistemalarda burovchi moment qiymati kam, shu sababli ular iqtisodiy tomondan afzal hisoblanadi	Arkali sistemalarda burovchi moment qiymati ko'p, shu sababli ular iqtisodiy tomondan afzal hisoblanadi
76	<b>Qanday sistemaga uch sharnirli arka</b>	Ikkita egri diskdan iborat sistemaga	Ikkita siniq diskdan iborat sistemaga	Ikkita to'g'ri diskdan iborat sistemaga	Uchta egri diskdan iborat sistemaga

	<b>deyladi?</b>				
77	<b>Qanday sistemaga uch sharnirli rama deyiladi?</b>	Ikkita siniq diskdan iborat sistemaga	Ikkita to'g'ri diskdan iborat sistemaga	Uchta to'g'ri diskdan iborat sistemaga	Ikkita egri diskdan iborat sistemaga
78	<b>Qanday sistemaga ikki sharnirli arka deyiladi?</b>	Ikkita qo'zg'almas sharnirli tayanchga tayangan egri diskdan iborat sistemaga	Ikkita qo'zg'aluvchan sharnirli tayanchga tayangan egri diskdan iborat sistemaga	Ikkita bikir tayanchga tayangan egri diskdan iborat sistemaga	Ikkita qo'zg'almas sharnirli tayanchga tayangan to'g'ri diskdan iborat sistemaga
79	<b>Qanday sistemaga sharnirsiz arka deyiladi?</b>	Ikkita bikir tayanchga tayangan egri diskdan iborat sistemaga	Ikkita qo'zg'almas sharnirli tayanchga tayangan egri diskdan iborat sistemaga	Ikkita bikir tayanchga tayangan to'g'ri diskdan iborat sistemaga	Ikkita qo'zg'almas sharnirli tayanchga tayangan to'g'ri diskdan iborat sistemaga
80	<b>Havonli sistema havonsiz sistemadan nimasi bilan farq qiladi?</b>	Uch sharnirli arkaga vertikal yuklar ta'sir qilganda, uning tayanchlarida doim gorizontol tayanch reaksiyalari paydo bo'ladi	Uch sharnirli arkaga vertikal yuklar ta'sir qilganda, uning gorizontol tayanch reaksiyalari nolga teng bo'ladi	Uch sharnirli arkaga vertikal yuklar ta'sir qilganda, uning vertikal tayanch reaksiyalari nolga teng bo'ladi	Uch sharnirli arkaga vertikal yuklar ta'sir qilganda, uning vertikal va gorizontol tayanch reaksiyalari nolga teng bo'ladi
81	<b>Tortqining vazifasi nimadan iborat?</b>	Uch sharnirli arka tayanchlarining gorizontol reaksiyasini o'ziga qabul qilish uchun	Uch sharnirli arka tayanchlarining vertikal reaksiyasini o'ziga qabul qilish uchun	Uch sharnirli arka chap tayanchining vertikal reaksiyasini o'ziga qabul qilish uchun	Uch sharnirli arka o'ng tayanchining vertikal reaksiyasini o'ziga qabul qilish uchun
82	<b>Uch sharnirli arkaning tayanch reaksiyalari qanday aniqlanadi?</b>	Statikaning uchta muvozanat tenglamasiga qo'shimcha ravishda quyidagi tenglamani yechish orqali $\sum M_c^{np} = 0 \text{ yoki}$ $\sum M_c^{neg} = 0$	Statikaning uchta muvozanat tenglamasiga qo'shimcha ravishda quyidagi tenglamani yechish orqali $\sum X = 0$	Statikaning uchta muvozanat tenglamasiga qo'shimcha ravishda quyidagi tenglamani yechish orqali $\sum Y = 0$	Statikaning uchta muvozanat tenglamasiga qo'shimcha ravishda quyidagi tenglamani yechish orqali $\sum X = 0 \text{ yoki}$ $\sum Y = 0$
83	<b>Arkaning ixtiyoriy kesimidagi eguvchi moment qaysi formula bilan aniqlanadi?</b>	$M_k = M_k^o - H \cdot y_k$	$M_k = M_k^o - H \cdot x_k$	$M_k = M_k^o - R_A \cdot y_k$	$M_k = M_k^o - R_B \cdot y_k$
84	<b>Arkaning ixtiyoriy kesimidagi ko'ndalang kuch qaysi formula bilan aniqlanadi?</b>	$Q_k = Q_k^o \cdot \cos \varphi_k - H \cdot \sin \varphi_k$	$Q_k = Q_k^o \cdot \cos \varphi_k + H \cdot \sin \varphi_k$	$Q_k = Q_k^o \cdot \cos \varphi_k - R_A \cdot \sin \varphi_k$	$Q_k = Q_k^o \cdot \cos \varphi_k - R_B \cdot \sin \varphi_k$
85	<b>Arkaning ixtiyoriy kesimidagi bo'ylama kuch qaysi formula bilan aniqlanadi?</b>	$N_k = \left( Q_k^o \cdot \sin \varphi_k + H \cdot \cos \varphi_k \right)$	$N_k = \left( Q_k^o \cdot \sin \varphi_k + H \cdot \cos \varphi_k \right)$	$N_k = \left( Q_k^o \cdot \sin \varphi_k + R_A \cdot \cos \varphi_k \right)$	$N_k = \left( Q_k^o \cdot \sin \varphi_k + R_B \cdot \cos \varphi_k \right)$
86	<b>Qaysi formula arka ratsional o'qining formulasi hisoblanadi?</b>	$y = \frac{M_k^0}{H}$	$y = \frac{M_k^0}{R_A}$	$y = \frac{M_k^0}{R_B}$	$y = \frac{N_k^0}{H}$
87	<b>Uch sharnirli arka zo'riqishlarining</b>	Zo'riqishlarining formulasi va ularning nolinci ordinasidan	Zo'riqishlarining formulasi va vertikal tayanch	Zo'riqishlarining formulasi va havon (gorizontol)	Zo'riqishlarining formulasi va vertikal tayanch

	ta'sir chiziq-lari qanday usullar bilan chiziladi?	foydalanib chiziladi	reaksiyalarining nol-inchi ordinatasidan foydalanib chiziladi	reaksiya) ning nol-inchi ordinatasidan foydalanib chiziladi	reaksiyalari va havonning nol-inchi ordinatasidan foydalanib chiziladi
88	Eguvchi moment nol nuqtasining absissasi qaysi formula bilan aniqlanadi?	$u_M = \frac{lfx_k}{y_k l_2 + x_k f}$	$u_M = \frac{lfx_k}{y_k l_2 + a_k f}$	$u_M = \frac{lfa_k}{y_k l_2 + x_k f}$	$u_M = \frac{lfx_k}{a_k l_2 + x_k f}$
89	Ko'ndalang kuch nol nuqtasining absissasi qaysi formula bilan aniqlanadi?	$u_Q = \frac{ltg\beta}{tg\varphi_k - tg\beta}$	$u_Q = \frac{ltg\alpha}{tg\varphi_k - tg\beta}$	$u_Q = \frac{ltg\beta}{tg\varphi_k - tg\alpha}$	$u_Q = \frac{ltg\beta}{tg\varphi_k - tg\varphi}$
90	Bo'ylama kuch nol nuqtasining absissasi qaysi formula bilan aniqlanadi?	$u_N = \frac{ltg\beta}{ctg\varphi_k - tg\beta}$	$u_N = \frac{ltg\alpha}{ctg\varphi_k - tg\beta}$	$u_N = \frac{ltg\beta}{ctg\varphi_k - tg\alpha}$	$u_N = \frac{ltg\beta}{ctg\varphi_k - tg\varphi}$
91	Uch sharnirli sistema zo'riqishlarining qiymatlari ta'sir chiziq-lari yordamida qaysi formula bilan aniqlanadi?	$S_i = \sum_{i=1}^n P_i \cdot y_i + \sum_{i=1}^n q_i \cdot \omega_i$	$S_i = \sum_{i=1}^n P_i \cdot y_i + \sum_{i=1}^n q_i \cdot \omega_i + \sum_{i=1}^n M_i \cdot tg\alpha_i$	$S_i = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \omega_i + \sum_{i=1}^n M_i \cdot tg\alpha_i$	$S_i = \sum_{i=1}^n P_i \cdot y_i + \sum_{i=1}^n M_i \cdot tg\alpha_i$
92	Qanday sistemaga ferma deyiladi?	Elementlari sharnirlar vositasida tutashirilgan geometrik o'zgar-mas sistemaga	Elementlari sharnirlar vositasida tutashirilgan geometrik o'zgar-uvchan sistemaga	Elementlari bikir tugunlar bilan tutashirilgan geometrik o'zgar-mas sistemaga	Elementlari bikir tugunlar bilan tutashirilgan geometrik o'zgar-uvchan sistemaga
93	Ferma tugunlari nimaga asosan sharnirli deb qabul qilingan?	Tugunlardagi yuk-lardan bikir tugunli elementlarining zo'riqishlari shar-nirli tugunlarni-kidan kam farq qilgani uchun	Tarqalgan yuk-lardan bikir tugunli elementlarining zo'riqishlari shar-nirli tugunlarni-kidan kam farq qilgani uchun	To'plangan yuk-lardan bikir tugunli elementlarining zo'riqishlari shar-nirli tugunlarni-kidan kam farq qilgani uchun	Tugundan tashqari yuklardan bikir tugunli elementlarining zo'riqishlari sharnirli tugunlar-nikidan kam farq qilgani uchun
94	Ferma qanday elementlardan tashkil topgan?	Belbog', ustun va hovon	Belbog' va ustun	Ustun va hovon	Yuqori va pastki belbog', ustun
95	Fermalar ahamiyatiga ko'ra qanday turlarga bo'linadi?	Stropila (tom), kran va ko'prik fermalar	Stropila (tom) va kran fermalar	Stropila (tom) va ko'prik fermalar	Kran va ko'prik fermalar
96	Fermalar tashqi konturining ko'ri-nishi bo'yicha ko'ra qanday turlarga bo'linadi?	Uchburchak shaklli, parallel belbog'li, poligonal shaklli	Uchburchak shaklli va parallel belbog'li	Uchburchak shaklli va poligonal shaklli	Parallel belbog'li va poligonal shaklli
97	Fermalar panjaralarining tuzilishiga ko'ra qanday turlarga bo'linadi?	Uchburchak panjarali, havon panjarali, ikki panjarali va ko'p panjarali	Uchburchak panjarali, ikki panjarali va ko'p panjarali	Uchburchak panjarali, havon panjarali va ko'p panjarali	Havon panjarali, ikki panjarali va ko'p panjarali
98	Fermalar tayanchlarining tipiga ko'ra	Balkasimon, konsolli va konsolli balkasimon	Balkasimon va konsolli	Balkasimon va konsolli balkasimon	Konsolli va konsolli balkasimon



	<b>qanday turlarga bo‘linadi?</b>				
99	<b>Statik aniq ferma sterjenlarining zo‘riqishi qanday yukdan hosil bo‘ladi?</b>	Tugunga qo‘yilgan yukdan	Tekis tarqalgan yukdan	Notekis tarqalgan yukdan	Yuza bo‘yicha tarqalgan yukdan
100	<b>Fermanın geometrik o‘zgarma bo‘lish shartini ifodalovchi formulani ko‘rsating?</b>	$S = 2t - 3$	$S = 2t + 3$	$S = 2t - 6$	$S = 2t + 6$
101	<b>Ferma sterjenlari qanday deformatsiyaga uchraydi?</b>	Cho‘zilish yoki siqilish	Cho‘zilish yoki egilish	Siqilish yoki siljish	Cho‘zilish yoki buralish
102	<b>Yuk tugunlar orqali ta‘sir etganda ferma sterjenlarida qanday zo‘riqishlar paydo bo‘ladi?</b>	Bo‘ylama kuch	Ko‘ndalang kuch	Eguvchi moment	Burovchi moment
103	<b>Ferma sterjenlaridagi zo‘riqishlar qanday usullar bilan aniqlanadi?</b>	Tugunni ajratish usuli, moment nuqtasi usuli va proeksiya usuli	Tugunni ajratish usuli va moment nuqtasi usuli	Tugunni ajratish usuli va proeksiya usuli	Moment nuqtasi usuli va proeksiya usuli
104	<b>Fermani hisoblash usullaridan qaysi birini qo‘llash maqsadga muvofiq hisoblanadi?</b>	O‘zaro bir-biri bilan bog‘langan tenglamalar sistemasini yechishni talab qilmaydigan usullarni qo‘llash orqali	O‘zaro bir-biri bilan bog‘langan tenglamalar sistemasini yechishni talab qiladigan usullarni qo‘llash orqali	O‘zaro bir-biri bilan bog‘langan tenglamalar sistemasini yechishni talab qilmaydigan moment nuqtasi usuli bilan	O‘zaro bir-biri bilan bog‘langan tenglamalar sistemasini yechishni talab qilmaydigan proeksiya usuli bilan
105	<b>Kesimga tushgan ferma sterjenlarining zo‘riqishlarini aniqlash uchun nechta muvozanat tenglamasini tuzish lozim?</b>	3	4	2	1
106	<b>Tugunlarni ajratish usulida nechta muvozanat tenglamalari tuziladi?</b>	2	3	1	5
107	<b>Ikki ta sterjenning bir nuqtada tutashgan tuguniga tashqi yuk qo‘yilmagan bo‘lsa ularning zo‘riqishlari nimaga teng bo‘ladi?</b>	$S_1 = S_2 = 0$	$S_1 = 0, S_2 \neq 0$	$S_1 \neq 0, S_2 = 0$	$S_1 \neq 0, S_2 \neq 0$
108	<b>Uchta sterjenning bir nuqtada tutashgan tuguniga tashqi yuk</b>	$S_1 = S_2$ $S_3 = 0$	$S_1 \neq S_2$ $S_3 = 0$	$S_1 = S_2$ $S_3 \neq 0$	$S_1 \neq S_2$ $S_3 \neq 0$

	qo'yilmagan bo'lsa ularning zo'riqlari nimaga teng bo'ladi?				
109	Qanday nuqtaga moment nuqtasi deyiladi?	Ikkita sterjen o'qlarining kesishgan nuqtasi	Uchta sterjen o'qlarining kesishgan nuqtasi	To'rtta sterjen o'qlarining kesishgan nuqtasi	Beshta sterjen o'qlarining kesishgan nuqtasi
110	Tugunni ajratish usulida hisoblash qaysi tugundan boshlanadi?	Ikkita sterjen tutashgan tugundan	Uchta sterjen tutashgan tugundan	To'rtta sterjen tutashgan tugundan	Beshta sterjen tutashgan tugundan
111	Tugunni ajratish usulida hisoblash nima uchun ikkita sterjen tutashgan tugundan boshlanadi?	Har bir tugun uchun quyidagi ikkita muvozanat tenglamasini tuzish mumkin bo'lganidan: $\sum X = 0, \sum Y = 0$	Har bir tugun uchun quyidagi ikkita muvozanat tenglamasini tuzish mumkin bo'lganidan: $\sum X = 0, \sum Z = 0$	Har bir tugun uchun quyidagi ikkita muvozanat tenglamasini tuzish mumkin bo'lganidan: $\sum Z = 0, \sum Y = 0$	Har bir tugun uchun quyidagi ikkita muvozanat tenglamasini tuzish mumkin bo'lganidan: $\sum X = 0, \sum Y \neq 0$
112	Proeksiya usuli qachon qo'llaniladi?	Kesimga tushgan uchta sterjenning ikkitasi o'zaro parallel bo'lsa	Kesimga tushgan uchta sterjenning ikkitasi o'zaro parallel bo'lmasa	Kesimga tushgan uchta sterjenning ikkitasi o'zaro tutashgan bo'lsa	Kesimga tushgan uchta sterjen o'zaro tutashgan bo'lsa
113	Shprengelli ferma sterjenlari nechta toifaga bo'linadi?	4	3	2	1
114	Ferma sterjenlari zo'riqlarining ta'sir chiziqlarini chizishda qaysi usullar qo'llaniladi?	Tugunni ajratish usuli, moment nuqtasi usuli va proeksiya usuli	Tugunni ajratish usuli va proeksiya usuli	Tugunni ajratish usuli va moment nuqtasi usuli	Moment nuqtasi usuli va proeksiya usuli
115	Ferma sterjenlari zo'riqlarining ta'sir chiziqlarini chizishda qaysi usulni qo'llash maqsadga muvofiq hisoblanadi?	Fermaning berilgan sterjeni uchun qulay bo'lgan usul bilan	Moment nuqtasi usuli bilan	Tugunni ajratish usuli bilan	Proeksiya usuli bilan
116	Ferma sterjenlarining zo'riqlari ta'sir chiziqlari bo'yicha qaysi formuladan aniqlanadi?	$S_i = \sum_{i=1}^n P_i \cdot y_i$	$S_i = \sum_{i=1}^n P_i \cdot y_i + \sum_{i=1}^n q_i \cdot \omega_i$	$S_i = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \omega_i + \sum_{i=1}^n M_i \cdot tg \alpha_i$	$S_i = \sum_{i=1}^n P_i \cdot y_i + \sum_{i=1}^n M_i \cdot tg \alpha_i$
117	Ko'chish deb nimaga aytiladi?	Inshoot deformat-siyasi tufayli uning nuqtasining koordinatalarining o'zgarishiga	Normal kuchlanish tufayli inshoot nuqtasining koordinatalarining o'zgarishiga	Urinma kuchlanish tufayli inshoot nuqtasining koordinatalarining o'zgarishiga	Kuchlanish tufayli inshoot nuqtasining koordinatalarining o'zgarishiga
118	Ko'chish nima uchun aniqlanadi?	Konstruksiyaning bikirligi va ustuvorligini tekshirish hamda statik aniq sistemalarni yechish uchun	Konstruksiyaning bikirligini tekshirish hamda statik aniq sistemalarni yechish uchun	Konstruksiyaning ustuvorligini tekshirish hamda statik aniq sistemalarni yechish uchun	Konstruksiyaning bikirligi va ustuvorligini tekshirish hamda statik aniq sistemalarni yechish uchun
119	Elastik sistemalardagi asosiy ko'chishlarning turlarini keltiring?	Vertikal, gorizontal va burchakli ko'chishlar	Vertikal va burchakli ko'chishlar	Gorizontal va burchakli ko'chishlar	Vertikal va gorizontal ko'chishlar
120	Ko'chishlar qanday belgilanadi?	$\Delta_{ip}$	$\delta_{ip}$	$f_{ip}$	$z_{ip}$

121	<b>Ko'chishlarni belgilashdagi indekslar nimani bildiradi?</b>	Birinchi indeks kuch qo'yilgan nuqtani va ko'chishning yo'nalishini, ikkinchi indeks shu ko'chishning paydo bo'lish sababini bildiradi	Birinchi indeks kuch qo'yilgan nuqtani va ko'chishning yo'nalishini, ikkinchi indeks shu ko'chishni paydo qiladigan to'plangan yukni bildiradi	Birinchi indeks kuch qo'yilgan nuqtani va ko'chishning yo'nalishini, ikkinchi indeks shu ko'chishni paydo qiladigan tugunga qo'yilgan yukni bildiradi	Birinchi indeks kuch qo'yilgan nuqtani va ko'chishning yo'nalishini, ikkinchi indeks ko'chishni paydo qiladigan tarqalgan yukni bildiradi
122	<b>Tashqi kuchning bajargan ishi nimaga teng?</b>	Kuchni, uning yo'nalishi bo'yicha hosil bo'lgan ko'chishga ko'paytmasining yarmiga teng	Kuchni, uning yo'nalishi bo'yicha hosil bo'lgan ko'chishga ko'paytmasiga teng	Kuchni, uning yo'nalishi bo'yicha hosil bo'lgan ko'chishga ko'paytmasining choragiga teng	Kuchni, uning yo'nalishi bo'yicha hosil bo'lgan ko'chishga ko'paytmasining uchdan biriga teng
123	<b>Mumkin bo'lgan ko'chish deganda nima tushiniladi?</b>	Mavjud bog'lanishlar yo'l qo'yadigan va berilgan kuchlar sistemasiga bog'liq bo'lmagan inshoot nuqtasining juda kichik ko'chishi	Mavjud bog'lanishlar yo'l qo'yamaydigan va berilgan kuchlar sistemasiga bog'liq bo'lmagan inshoot nuqtasining juda kichik ko'chishi	Mavjud bog'lanishlar yo'l qo'yadigan va berilgan kuchlar sistemasiga bog'liq bo'lgan inshoot nuqtasining juda kichik ko'chishi	Mavjud bog'lanishlar yo'l qo'yamaydigan va berilgan kuchlar sistemasiga bog'liq bo'lgan inshoot nuqtasining juda kichik ko'chishi
124	<b>Qaysi tenglama tashqi kuchlarning bajara oladigan ishini ifodalaydi?</b>	$T_{pk} = \sum_{i=1}^n P_i \Delta_{P_i k}$	$T_{pk} = \sum_{i=1}^n N_i \Delta_{P_i k}$	$T_{pk} = \sum_{i=1}^n R_i \Delta_{P_i k}$	$T_{pk} = \sum_{i=1}^n K_i \Delta_{P_i k}$
125	<b>Qaysi tenglama tashqi kuchlar bajara oladigan ishlarining o'zaro bog'lanish teoremasini ifodalaydi?</b>	$P \Delta_{pk} = K \Delta_{kp}$	$P \Delta_{pk} = N \Delta_{kp}$	$P \Delta_{pk} = R \Delta_{kp}$	$R \Delta_{pk} = K \Delta_{kp}$
126	<b>Qaysi tenglama tashqi va ichki kuchlar bajara oladigan ishlarining tengligi teoremasini ifodalaydi?</b>	$T_{pk} = W_{pk}$	$T_{pk} = V_{pk}$	$T_{pk} = R_{pk}$	$T_{pk} = K_{pk}$
127	<b>Qaysi tenglama tashqi va ichki kuchlarning bajargan ishlarining o'zaro bog'lanish teoremasini ifodalaydi?</b>	$\sum P_i \Delta_{P_i k} = \sum K_i \Delta_{k p}$	$\sum P_i \Delta_{P_i k} = \sum N_i \Delta_{k p}$	$\sum P_i \Delta_{P_i k} = \sum R_i \Delta_{k p}$	$\sum R_i \Delta_{P_i k} = \sum K_i \Delta_{k p}$
128	<b>Qaysi tenglama ko'chishlarning o'zaro bog'lanish teoremasini ifodalaydi?</b>	$\Delta_{pk} = \Delta_{kp}$	$\Delta_{nk} = \Delta_{kp}$	$\Delta_{pk} = \Delta_{np}$	$\Delta_{pn} = \Delta_{kp}$
129	<b>Qaysi tenglama birlik ko'chishlarning o'zaro bog'lanish teoremasini ifodalaydi?</b>	$\delta_{pk} = \delta_{kp}$	$\delta_{nk} = \delta_{kp}$	$\delta_{pk} = \delta_{np}$	$\delta_{pn} = \delta_{kp}$
130	<b>Ko'chishlarni aniqlashning umumiy</b>	$\Delta_{ip} = \sum_0^s \int \frac{\bar{M}_i M_p}{EI} ds$	$+\Delta_{ip} = \sum_0^s \int \frac{\bar{M}_i M_p}{EI} ds$	$-\Delta_{ip} = \sum_0^s \int \frac{\bar{M}_i M_p}{EI} ds$	$+\Delta_{ip}$

	formulasini toping?	$+ \sum_0^s \frac{\bar{N}_i N_p ds}{EF} +$ $\sum_0^s \frac{\mu \bar{Q}_i Q_p ds}{GF}$	$\sum_0^s \frac{N_i N_p ds}{EF}$	$+ \sum_0^s \frac{\mu \bar{Q}_i Q_p ds}{GF}$	$= \sum_0^s \frac{\bar{N}_i N_p ds}{EF} +$ $\sum_0^s \frac{\mu \bar{Q}_i Q_p ds}{GF}$
131	Balka va ramalarda ko'chishlarni aniqlashning formulasini toping?	$\Delta_{ip} = \sum_0^s \frac{\bar{M}_i M_p ds}{EI}$	$\frac{\Delta_{ip}}{= \sum_0^s \frac{\mu \bar{Q}_i Q_p ds}{GF}}$	$\frac{\Delta_{ip}}{= \sum_0^s \frac{\bar{N}_i N_p ds}{EF}}$	$\Delta_{ip} = \sum_0^s \frac{\bar{M}_i M_p ds}{EI} +$ $+ \sum_0^s \frac{\bar{N}_i N_p ds}{EF}$
132	Arkadagi ko'chishlarni aniqlashning umumiy formulasini toping?	$\Delta_{ip} = \sum_0^s \frac{\bar{M}_i M_p ds}{EI}$ $+ \sum_0^s \frac{\bar{N}_i N_p ds}{EF}$	$+ \Delta_{ip} = \sum_0^s \frac{\bar{M}_i M_p ds}{EI}$	$\frac{\Delta_{ip}}{= \sum_0^s \frac{\bar{N}_i N_p ds}{EF}}$	$\Delta_{ip} = \sum_0^s \frac{\bar{M}_i M_p ds}{EI} +$ $+ \sum_0^s \frac{\mu \bar{Q}_i Q_p ds}{GF}$
133	Fermadagi ko'chishlarni aniqlashning umumiy formulasini toping?	$\Delta_{ip} = \sum_0^s \frac{\bar{N}_i N_p ds}{EF}$	$\Delta_{ip} = \sum_0^s \frac{\bar{M}_i M_p ds}{EI}$ $\sum_0^s \frac{\bar{N}_i N_p ds}{EF}$	$\Delta_{ip} = \sum_0^s \frac{\bar{M}_i M_p ds}{EI}$	$\frac{\Delta_{ip}}{= \sum_0^s \frac{\mu \bar{Q}_i Q_p ds}{GF}}$
134	Ko'chishlarni Vereshchagin usulida aniqlashning formulasini toping?	$\Delta_{ip} = \sum_{i=1}^n \frac{\omega_i y_{c_i}}{EI}$	$\Delta_{ip} = \sum_0^s \frac{\bar{M}_i M_p ds}{EI}$	$\frac{\Delta_{ip}}{= \sum_0^s \frac{\mu \bar{Q}_i Q_p ds}{GF}}$	$\frac{\Delta_{ip}}{= \sum_0^s \frac{\bar{N}_i N_p ds}{EF}}$
135	Statik aniq va statik noaniq sistemalarning o'zaro farqlari nimadan iborat?	Statik aniq sistemalarning zo'riqishlari muvozanat tenglamalari orqali aniqlanadi	Statik noaniq sistemalarning zo'riqishlari statika tenglamalari orqali aniqlanadi	Statik aniq sistemalarning zo'riqishlari qo'shimcha tenglamalar tuzish orqali aniqlanadi	Statik noaniq sistemalarning zo'riqishlari muvozanat tenglamalari orqali aniqlanadi
136	Statik noaniqlik darajasi deb nimaga aytiladi?	Ortiqcha bog'lanishlar soniga	Ortiqcha sterjenlar soniga	Ortiqcha sharnirlar soniga	Ortiqcha tugunlar soniga
137	Statik noaniq sistemalar qanday turlarga bo'linadi?	Tashqi va ichki statik noaniq sistemalarga	Faqat tashqi statik noaniq sistemalarga	Faqat ichki statik noaniq sistemalarga	Geometrik o'zgaruvchan sistemalarga
138	Qanday sistemalar tashqi statik noaniq sistemalar deyiladi?	Faqat tashqi ortiqcha bog'lanishlari bor sistemaga	Faqat ortiqcha sterjenlari bor sistemaga	Faqat ortiqcha sharnirlari bor sistemaga	Faqat ortiqcha tugunlari bor sistemaga
139	Qanday sistemalar ichki statik noaniq sistemalar deyiladi?	Sistemaning qismlarini o'zaro bog'lash uchun kiritilgan, ortiqcha bog'lanishlar ega bo'lgan sistemaga	Sistemaning qismlarini o'zaro bog'lash uchun kiritilgan, etarli bog'lanishlar ega bo'lgan sistemaga	Sistemaning qismlarini o'zaro bog'lash uchun kiritilgan, zarur bog'lanishlar ega bo'lgan sistemaga	Sistemaning qismlarini o'zaro bog'lash uchun kiritilgan, kam bog'lanishlar ega bo'lgan sistemaga
140	Tashqi statik noaniq sistema-larning statik noaniqlik darajasi qaysi formuladan aniqlanishini ko'rsating?	$n = S_t - 3$	$n = S_t + 3$	$n = S_t - 6$	$n = S_t + 6$
141	Statik noaniq sistemalar qanday usullar bilan	Kuch usuli, ko'chish usuli va aralash usul bilan	Kuch usuli va ko'chish usuli bilan	Ko'chish usuli va aralash usul bilan	Kuch usuli va aralash usul bilan

	<b>hisoblanadi?</b>				
142	<b>Kuch usulining noma'lumlari deb nimalarga aytiladi?</b>	Ortiqcha bog'lanishlardagi zo'riqishlarga	Ortiqcha bog'lanishlardagi ko'chishlarga	Ortiqcha bog'lanishlardagi vertikal reaksiya kuchlariga	Ortiqcha bog'lanishlardagi gorizontal reaksiya kuchlariga
143	<b>Ramalarini kuch usulida hisoblashda statik noaniqlik darajasi qanday aniqlanadi?</b>	Ortiqcha bog'lanishlar soni bo'yicha	Ortiqcha sterjenlar soni bo'yicha	Ortiqcha sharnirlar soni bo'yicha	Ortiqcha tugunlar soni bo'yicha
144	<b>Ramalarini kuch usulida hisoblashda statik noaniqlik darajasi qaysi formuladan aniqlanishini ko'rsating?</b>	$n = 3k - u$	$n = 3k + u$	$n = 3k - 6$	$n = 3k + 6$
145	<b>Qanday sistemaga kuch usulining asosiy sistemasi deyiladi?</b>	Berilgan sistemadan barcha ortiqcha bog'lanishlarni olib tashlab hosil qilingan statik aniq va geometrik o'zgarmas sistemaga	Berilgan sistemadan barcha ortiqcha bog'lanishlarni olib tashlab hosil qilingan statik noaniq va geometrik o'zgarmas sistemaga	Berilgan sistemadan barcha ortiqcha bog'lanishlarni olib tashlab hosil qilingan statik noaniq va geometrik o'zgaruvchan sistemaga	Berilgan sistemadan barcha ortiqcha bog'lanishlarni olib tashlab hosil qilingan statik aniq va geometrik o'zgaruvchan sistemaga
146	<b>Qanday tenglamaga kuch usulining kanonik tenglamasi deyiladi?</b>	Ma'lum qonuniyat asosida doim bir xil shaklda yoziladigan kuch usulining deformatsiya tenglamasiga	Ma'lum qonuniyat asosida har xil shaklda yoziladigan kuch usulining deformatsiya tenglamasiga	Hech qanday qonuniyatsiz doim bir xil shaklda yoziladigan kuch usulining deformatsiya tenglamasiga	Hech qanday qonuniyatsiz har xil shaklda yoziladigan kuch usulining deformatsiya tenglamasiga
147	<b>Ikki noma'lumli sistema uchun kuch usulining kanonik tenglamasini ko'rsating?</b>	$\begin{cases} \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 \\ + \Delta_{1p} = 0 \\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 \\ + \Delta_{2p} = 0 \end{cases}$	$\begin{cases} \delta_{11}X_1 - \delta_{12}X_2 \\ + \Delta_{1p} = 0 \\ \delta_{21}X_1 - \delta_{22}X_2 \\ + \Delta_{2p} = 0 \end{cases}$	$\begin{cases} \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 \\ - \Delta_{1p} = 0 \\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 \\ - \Delta_{2p} = 0 \end{cases}$	$\begin{cases} \delta_{11}X_1 - \delta_{12}X_2 \\ + \Delta_{1p} = 0 \\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 \\ - \Delta_{2p} = 0 \end{cases}$
148	<b>Kanonik tenglamaning koeffitsientlari nimadan iborat?</b>	Birlik kuchlardan paydo bo'ladigan birlik ko'chishlardan	Birlik bo'ylama kuchlardan paydo bo'ladigan birlik ko'chishlardan	Birlik ko'ndalang kuchlardan paydo bo'ladigan birlik ko'chishlardan	Birlik bo'ylama va ko'ndalang kuchlardan paydo bo'ladigan birlik ko'chishlardan
149	<b>Birlik ko'chishlar qanday aniqlanadi?</b>	Vereshchagin usuli bilan, mavjud birlik eguvchi moment epyuralarini ko'paytirish orqali	Vereshchagin usuli bilan, mavjud birlik bo'ylama kuchlardan chizilgan eguvchi moment epyuralarini ko'paytirish orqali	Vereshchagin usuli bilan, mavjud birlik ko'ndalang kuchlardan chizilgan eguvchi moment epyuralarini ko'paytirish orqali	Vereshchagin usuli bilan, mavjud birlik bo'ylama va ko'ndalang kuchlardan chizilgan eguvchi moment epyuralarini ko'paytirish orqali
150	<b>Birlik ko'chishlar qaysi formula bilan aniqlanadi?</b>	$\delta_{ik} = \sum_0^s \frac{\bar{M}_i M_k ds}{EI}$	$\delta_{ik} = \sum_0^s \frac{\bar{M}_i M_k ds}{EI} +$	$\delta_{ik} = \sum_0^s \frac{\mu \bar{Q}_i Q_k ds}{GF}$	$\delta_{ik} = \sum_0^s \frac{\bar{N}_i N_k ds}{EF}$

			$\sum_0^s \frac{\mu \bar{Q}_i Q_k ds}{GF}$		
151	<b>Kanonik tenglamaning ozod hadlar nimadan iborat?</b>	Noma'lum kuchlar yo'nalishi bo'yicha tashqi kuchlardan paydo bo'lgan ko'chishlardan	Noma'lum kuchlar yo'nalishi bo'yicha bo'ylama kuchlardan paydo bo'lgan ko'chishlardan	Noma'lum kuchlar yo'nalishi bo'yicha ko'ndalang kuchlardan paydo bo'lgan ko'chishlardan	Noma'lum kuchlar yo'nalishi bo'yicha bo'ylama va ko'ndalang kuchlardan paydo bo'lgan ko'chishlardan
152	<b>Tashqi kuchlardan hosil bo'lgan ko'chishlar qanday aniqlanadi?</b>	Vereshchagin usuli bilan, tashqi kuchlardan chizilgan eguvchi moment epyuralarini birlik epyuralar bilan ko'paytirish orqali	Vereshchagin usuli bilan, tashqi kuchlardan chizilgan eguvchi moment epyuralarini birlik bo'ylama kuchlardan chizilgan epyuralar bilan ko'paytirish orqali	Vereshchagin usuli bilan, tashqi kuchlardan chizilgan eguvchi moment epyuralarini birlik ko'ndalang kuchlardan chizilgan epyuralar bilan ko'paytirish orqali	Vereshchagin usuli bilan, tashqi kuchlardan chizilgan eguvchi moment epyuralarini birlik bo'ylama va ko'ndalang kuchlardan chizilgan epyuralar bilan ko'paytirish orqali
153	<b>Tashqi kuchlardan hosil bo'lgan ko'chishlar qaysi formula bilan aniqlanadi?</b>	$\Delta_{ip} = \sum_0^s \frac{\bar{M}_i M_p ds}{EI}$	$\Delta_{ip} = \sum_0^s \frac{\bar{M}_i M_p ds}{EI} + \sum_0^s \frac{\mu \bar{Q}_i Q_p ds}{GF}$	$\Delta_{ip} = \sum_0^s \frac{\mu \bar{Q}_i Q_p ds}{GF}$	$\Delta_{ip} = \sum_0^s \frac{\bar{N}_i N_p ds}{EF}$
154	<b>Bosh ko'chishlar deb qanday ko'chishlarga aytiladi?</b>	Diagonal bo'ylab joylashgan bir xil indeksli birlik ko'chishlarga, chunki ular doim musbat bo'ladi	Diagonal bo'ylab joylashgan bir xil indeksli birlik ko'chishlarga, chunki ular doim manfiy bo'ladi	Diagonal bo'ylab joylashgan bir xil indeksli birlik ko'chishlarga, chunki ular nolga teng bo'ladi	Diagonal bo'ylab joylashgan bir xil indeksli birlik ko'chishlarga, chunki ular musbat va manfiy bo'lishi mumkin
155	<b>Yordamchi ko'chishlar deb qanday ko'chishlarga aytiladi?</b>	Diagonaldan tashqarida joylashgan har xil indeksli birlik ko'chishlarga, chunki ular musbat, manfiy va nolga teng bo'lishi mumkin	Diagonaldan tashqarida joylashgan har xil indeksli birlik ko'chishlarga, chunki ular musbat va manfiy bo'lishi mumkin	Diagonaldan tashqarida joylashgan har xil indeksli birlik ko'chishlarga, chunki ular musbat va nolga teng bo'lishi mumkin	Diagonaldan tashqarida joylashgan har xil indeksli birlik ko'chishlarga, chunki ular manfiy va nolga teng bo'lishi mumkin
156	<b>Kuch usulining kanonik tenglamasi qanday usullar bilan yechiladi?</b>	Determinantlar usuli, o'rniga qo'yish usuli, iteratsiya usuli va Gauss usuli	Determinantlar usuli, o'rniga qo'yish usuli va iteratsiya usuli	Determinantlar usuli, o'rniga qo'yish usuli va Gauss usuli	O'rniga qo'yish usuli, iteratsiya usuli va Gauss usuli
157	<b>Kuch usulida natijaviy eguvchi moment epyurasining ordinatasi qaysi formula bilan aniqlanadi?</b>	$M_i = \sum \bar{M}_i X_i + M_p$	$M_i = \sum \bar{M}_i X_i - M_p$	$M_i = \sum \bar{M}_i X_i + Q_p$	$M_i = \sum \bar{M}_i X_i + N_p$
158	<b>Kuch usulida ko'ndalang kuch epyurasi qanday chiziladi?</b>	Natijaviy eguvchi moment epyurasidan foydalanib	Asosiy sistema uchun chizilgan eguvchi moment epyurasidan foydalanib	To'plangan yukdan chizilgan eguvchi moment epyurasidan foydalanib	Tarqalgan yukdan chizilgan eguvchi moment epyurasidan foydalanib
159	<b>Kuch usulida ko'ndalang kuch epyurasining ordinatasi qaysi formula bilan</b>	$Q = Q_x^0 + \frac{M_n - M_{n-1}}{l_n}$	$Q = Q_x^0 - \frac{M_n - M_{n-1}}{l_n}$	$Q = Q_x^0 + \frac{M_n + M_{n-1}}{l_n}$	$Q = Q_x^0 - \frac{M_n + M_{n-1}}{l_n}$

	<b>aniqlanadi?</b>				
160	<b>Kuch usulida bo'ylama kuch epyurasi qanday chiziladi?</b>	Ko'ndalang kuch epyurasidan foydalanib, tugunni ajratish usulini qo'llab	Ko'ndalang kuch epyurasidan foydalanib, proeksiya usulini qo'llab	Ko'ndalang kuch epyurasidan foydalanib, moment nuqtasi usulini qo'llab	Ko'ndalang kuch epyurasidan foydalanib, moment nuqtasi va proeksiya usullarini qo'llab
161	<b>Kuch usulida bo'ylama kuch qaysi formula bilan aniqlanadi?</b>	Har bir tugun uchun quyidagi ikkita muvozanat tenglamasi tuzilib aniqlanadi: $\sum X = 0, \sum Y = 0$	Har bir tugun uchun quyidagi ikkita muvozanat tenglamasi tuzilib aniqlanadi: $\sum X = 0, \sum Z = 0$	Har bir tugun uchun quyidagi ikkita muvozanat tenglamasi tuzilib aniqlanadi: $\sum Z = 0, \sum Y = 0$	Har bir tugun uchun quyidagi ikkita muvozanat tenglamasi tuzilib aniqlanadi: $\sum X = 0, \sum Y \neq 0$
162	<b>Kuch usulida zo'riqishlar epyurasining to'g'riligi qanday tekshiriladi?</b>	Statikva deformatsion tekshirish orqali	Statikteksirishorqali	Deformatsion tekshirishorqali	Muvozanat shartlari bo'yicha
163	<b>Nimalarga ko'chish usulining noma'lumlari deb aytiladi?</b>	Ko'chishga	Zo'riqishga	Deformatsiyaga	Reaksiyaga
164	<b>Ko'chish usuli bilan masalalarni yechishning qanday shakllari mavjud?</b>	Masalani yechishning ikkita shakli mavjud: kanonik va yoyilgan	Masalani yechishning ikkita shakli mavjud: kanonik va analitik	Masalani yechishning ikkita shakli mavjud: analitik va yoyilgan	Masalani yechishning ikkita shakli mavjud: kanonik va sonli
165	<b>Kinematik noaniqlik darajasi deb nimaga aytiladi?</b>	Tugunlarning chiziqli va burchakli ko'chishlari yig'indisiga	Tugunlarning vertikal va burchakli ko'chishlari yig'indisiga	Tugunlarning gorizont va burchakli ko'chishlari yig'indisiga	Tugunlarning vertikal va gorizont ko'chishlari yig'indisiga
166	<b>Ramalarni ko'chish usulida hisoblashda noma'lumlar soni qaysi formula bilan aniqlanadi?</b>	$n = n_o + n_q$	$n = n_y - n_n$	$n = n_y + c$	$n = n_y - c$
167	<b>Tugunlarning noma'lum bur-chakli ko'chishlar soni nimaga teng?</b>	Bikir tugunlar soniga	Sharnirli tugunlar soniga	Barcha tugunlar soniga	Bikir va sharnirli tugunlar soniga
168	<b>Noma'lum chiziqli ko'chishlar soni nimaga teng?</b>	Sistemaning geometrik o'zgaruvchanlik darajasiga teng	Sistemaning geometrik o'zgarimaslik darajasiga teng	Sistemaning statik noaniqlik darajasiga teng	Sistemaning kinematik noaniqlik darajasiga teng
169	<b>Noma'lum chiziqli ko'chishlar soni qaysi formula bilan aniqlanadi?</b>	$n_{ch} = 3K - 2Sh$	$n_{ch} = 3K + 2Sh$	$n_{ch} = 3R - 2Sh$	$n_{ch} = 3R + 2Sh$
170	<b>Ko'chish usulining asosiy sistemasi qanday tanlanadi?</b>	Berilgan statik noaniq sistemaga qo'shimcha bog'lanishlar kiritish orqali	Berilgan statik noaniq sistemaga qo'shimcha bikir tayanch kiritish orqali	Berilgan statik noaniq sistemaga qo'shimcha vertikal bog'lanishlar kiritish orqali	Berilgan statik noaniq sistemaga qo'shimcha gorizont ko'chishlar kiritish orqali
171	<b>Ko'chish usulining asosiy sistemasi qanday elementlardan iborat?</b>	Alohida bir oraliqli statik noaniq balkalardan iborat	Alohida bir oraliqli statik aniq balkalardan iborat	Alohida bir oraliqli statik noaniq konsolli balkalardan iborat	Alohida bir oraliqli statik aniq konsolli balkalardan iborat

172	<b>Ikki noma'lumli sistema uchun ko'chish usulining kanonik tenglamasini ko'rsating?</b>	$\begin{cases} r_{11}Z_1 + r_{12}Z_2 \\ + R_{1p} = 0 \\ r_{21}Z_1 + r_{22}Z_2 \\ + R_{2p} = 0 \end{cases}$	$\begin{cases} r_{11}Z_1 + r_{12}Z_2 \\ - R_{1p} = 0 \\ r_{21}Z_1 + r_{22}Z_2 \\ - R_{2p} = 0 \end{cases}$	$\begin{cases} r_{11}Z_1 - r_{12}Z_2 \\ + R_{1p} = 0 \\ r_{21}Z_1 - r_{22}Z_2 \\ + R_{2p} = 0 \end{cases}$	$\begin{cases} r_{11}Z_1 - r_{12}Z_2 \\ + R_{1p} = 0 \\ r_{21}Z_1 + r_{22}Z_2 \\ - R_{2p} = 0 \end{cases}$
173	<b>Ko'chish usuli kanonik tenglamasining ozod hadi nimani ifodalaydi?</b>	Kiritilgan bog'lanishlarda tashqi kuchlar ta'siridan hosil bo'lgan reaktiv reaksiyalar	Kiritilgan bog'lanishlarda tashqi kuchlar ta'siridan hosil bo'lgan reaktiv momentlar	Kiritilgan bog'lanishlarda tashqi kuchlar ta'siridan hosil bo'lgan reaktiv kuchlar	Kiritilgan bog'lanishlarda to'plangan kuchlar ta'siridan hosil bo'lgan reaktiv kuchlar
174	<b>Ramalarini ko'chish usulida hisoblashda birlik eguvchi moment epyuralari qanday chiziladi?</b>	Birlik burchakli va chiziqli ko'chishlardan bir oraliqli balka uchun chizilgan tayyor eguvchi moment epyuralaridan foydalanib chiziladi	Birlik burchakli ko'chishlardan bir oraliqli balka uchun chizilgan tayyor eguvchi moment epyuralaridan foydalanib chiziladi	Birlik chiziqli ko'chishlardan bir oraliqli balka uchun chizilgan tayyor eguvchi moment epyuralaridan foydalanib chiziladi	Burchakli va chiziqli ko'chishlardan bir oraliqli balka uchun chizilgan tayyor eguvchi moment epyuralaridan foydalanib chiziladi
175	<b>Ramalarini ko'chish usulida hisoblashda tashqi kuchlardan hosil bo'lgan epyuralari qanday chiziladi?</b>	Tashqi kuchlardan bir oraliqli balka uchun chizilgan tayyor eguvchi moment epyuralaridan foydalanib chiziladi	To'plangan kuchlardan bir oraliqli balka uchun chizilgan tayyor eguvchi moment epyuralaridan foydalanib chiziladi	Tarqalgan kuchlardan bir oraliqli balka uchun chizilgan tayyor eguvchi moment epyuralaridan foydalanib chiziladi	Momentdan bir oraliqli balka uchun chizilgan tayyor eguvchi moment epyuralaridan foydalanib chiziladi
176	<b>Statik usulda birlik ko'chishlardan hosil bo'lgan reaktiv reaksiyalar qanday aniqlanadi?</b>	Tugunlarni kesib quyidagi muvozanat tenglamalarini tuzish orqali: $\sum M = 0,$ $\sum T = 0$	Tugunlarni kesib quyidagi muvozanat tenglamalarini tuzish orqali: $\sum M = 0,$ $\sum X = 0$	Tugunlarni kesib quyidagi muvozanat tenglamalarini tuzish orqali: $\sum M = 0,$ $\sum Y = 0$	Tugunlarni kesib quyidagi muvozanat tenglamalarini tuzish orqali: $\sum X = 0,$ $\sum T = 0$
177	<b>Ko'chish usulida natijaviy eguvchi moment qiymati qaysi formula bilan aniqlanadi?</b>	$M_i = \sum \bar{M}_i Z_i + M_p$	$M_i = \sum \bar{M}_i Z_i - M_p$	$M_i = \sum \bar{M}_i Z_i + Q_p$	$M_i = \sum \bar{M}_i Z_i + N_p$
178	<b>Ramani ko'chish usulida hisoblashda ko'ndalang kuch epyurasi qanday chiziladi?</b>	Kuch usulidagi kabi eguvchi moment epyurasidan foydalanib chiziladi	To'plangan kuchlardan chizilgan eguvchi moment epyurasidan foydalanib chiziladi	Tarqalgan kuchlardan chizilgan eguvchi moment epyurasidan foydalanib chiziladi	Moment ta'siridan chizilgan eguvchi moment epyurasidan foydalanib chiziladi
179	<b>Ramani ko'chish usulida hisoblashda bo'ylama kuch epyurasi qanday chiziladi?</b>	Kuch usulidagi kabi ko'ndalang kuch epyurasidan foydalanib chiziladi	To'plangan kuchlardan chizilgan ko'ndalang kuch epyurasidan foydalanib chiziladi	Tarqalgan kuchlardan chizilgan ko'ndalang kuch epyurasidan foydalanib chiziladi	Moment ta'siridan chizilgan ko'ndalang kuch epyurasidan foydalanib chiziladi
180	<b>Uzluksiz balka deb qanday sistemaga aytiladi?</b>	Bir necha oraliqlarni qoplaydigan statik noaniq balkaga aytiladi	Bir necha oraliqlarni qoplaydigan statik aniq balkaga aytiladi	Bir necha oraliqlarni qoplaydigan qo'zg'aluvchan sharnirli statik noaniq balkaga aytiladi	Bir necha oraliqlarni qoplaydigan qo'zg'aluvchan sharnirli statik aniq balkaga aytiladi
181	<b>Uzluksiz balka oddiy balkalarga nisbatan qanday afzalliklarga ega?</b>	Uzluksiz balkalar iqtisodiy jihatdan tejimli bo'ladi, chunki eguvchi	Uzluksiz balkalar iqtisodiy jihatdan tejimli bo'ladi, chunki ko'ndalang	Uzluksiz balkalar iqtisodiy jihatdan tejimli bo'ladi, chunki bo'ylama	Uzluksiz balkalar iqtisodiy jihatdan tejimli bo'ladi, chunki ko'ndalang



	<b>ega?</b>	momentning qiymati oddiy balkalardagiga nisbatan kam	kuchining qiymati oddiy balkalardagiga nisbatan kam	kuchining qiymati oddiy balkalardagiga nisbatan kam	va bo'ylama kuchining qiymati oddiy balkalardagiga nisbatan kam
182	<b>Uzluksiz balka oddiy balkalarga nisbatan qanday kamchiliklarga ega?</b>	Uzluksiz balkalar tayanchlarining notekis cho'kishiga sezgir bo'ladi	Uzluksiz balkalar tayanchlarining notekis cho'kishiga sezgir emas	Uzluksiz balkalar tayanchlarining tekis cho'kishiga sezgir bo'ladi	Uzluksiz balkalar tayanchlarining tekis cho'kishiga sezgir emas
183	<b>Uzluksiz balka qanday usullar hisoblanadi?</b>	Kuch usuli, ko'chish usuli va moment fokuslari usuli	Kuch usuli va ko'chish usuli	Kuch usuli va moment fokuslari usuli	Ko'chish usuli va moment fokuslari usuli
184	<b>Uzluksiz balka necha marta statik noaniq?</b>	Ortiqcha tayanch bog'lanishlarining soniga teng	Tayanch bog'lanishlarining soniga teng	Qo'zg'aluvchan sharnirli tayanchlar soniga teng	Qo'zg'almas sharnirli tayanchlar soniga teng
185	<b>Uzluksiz balkaning statik noaniqlik darajasi qaysi formula bilan aniqlanadi?</b>	$n = S_t - 3$	$n = S_t + 3$	$n = S_t - 6$	$n = S_t + 6$
186	<b>Uzluksiz balkani kuch usulida hisoblashda ratsional asosiy sistema qanday tanlanadi?</b>	Oraliq tayanch kesimlariga sharnirlar kiritish bilan	Tayanch kesimlariga sharnirlar kiritish bilan	O'rtada joylashgan qo'zg'aluvchan sharnirli tayanchlarni olib tashlash bilan	Qo'zg'almas sharnirli tayanchlarni olib tashlash bilan
187	<b>Uzluksiz balkani kuch usulida hisoblashda noma'lumlar deb nima qabul qilingan?</b>	Oraliq tayanch kesimlaridagi eguvchi momentlar	Oraliq tayanch kesimlaridagi ko'ndalang kuchlar	Tayanch kesimlaridagi eguvchi momentlar	Tayanch kesimlaridagi ko'ndalang kuchlar
188	<b>Uch moment tenglamasini ko'rsating?</b>	$M_{n-1}l_n + 2M_n(l_n + l_{n+1}) + M_{n+1}l_{n+1} = -6EI(\beta_n + \alpha_{n+1})$	$M_{n-1}l_n - 2M_n(l_n + l_{n+1}) - M_{n+1}l_{n+1} = -6EI(\beta_n + \alpha_{n+1})$	$M_{n-1}l_n - 2M_n(l_n + l_{n+1}) + M_{n+1}l_{n+1} = -6EI(\beta_n + \alpha_{n+1})$	$M_{n-1}l_n + 2M_n(l_n + l_{n+1}) - M_{n+1}l_{n+1} = -6EI(\beta_n + \alpha_{n+1})$
189	<b>Uzluksiz balkani kuch usulida hisoblashda uch moment tenglamasi nimani ifodalaydi?</b>	Sharnir qo'yilgan tayanchdagi ikki qo'shni kesimning o'zaro burilish burchaklari yig'indisi nolga tengligini	Sharnir qo'yilgan tayanchdagi ikki qo'shni kesimning o'zaro burilish burchaklari yig'indisi nolga teng emasligini	Sharnir qo'yilgan tayanchdagi ikki qo'shni kesimning chiziqli ko'chishlari yig'indisi nolga teng	Sharnir qo'yilgan tayanchdagi ikki qo'shni kesimning chiziqli ko'chishlari yig'indisi nolga teng emasligini
190	<b>Uch moment tenglamasi bilan nima aniqlanadi?</b>	Noma'lum tayanch momentlar	Noma'lum tayanch reaksiyalar	Noma'lum burchaki ko'chishlar	Noma'lum chiziqli ko'chishlar
191	<b>Uzluksiz balkani uch moment tenglamalari yordamida hisoblashda nimani tuzish talab qilinadi?</b>	Nechta oraliq tayanchlar bo'lsa, shuncha uch moment tenglamalarini tuzish lozim	Nechta tayanchlar bo'lsa, shuncha uch moment tenglamalarini tuzish lozim	Nechta sharnirli tayanchlar bo'lsa, shuncha uch moment tenglamalarini tuzish lozim	Nechta qo'zg'almas sharnirli tayanchlar bo'lsa, shuncha uch moment tenglamalarini tuzish lozim
192	<b>Noma'lum tayanch momentlar qanday aniqlanadi?</b>	Tuzilgan uch momentlar tenglamalarini birgalikda yechish bilan	Tuzilgan uch momentlar tenglamalarini alohida yechish bilan	Tuzilgan uchta uch momentlar tenglamalarini birgalikda yechish bilan	Tuzilgan uchta uch momentlar tenglamalarini alohida yechish bilan
193	<b>Uzluksiz balka eguvchi momentning qiymati qaysi formula bilan</b>	$M = M^0 + M_{n-1} + \frac{M_n - M_{n-1}}{l_n}x$	$M = M^0 - M_{n-1} + \frac{M_n - M_{n-1}}{l_n}x$	$M = M^0 + M_{n-1} - \frac{M_n - M_{n-1}}{l_n}x$	$M = M^0 - M_{n-1} - \frac{M_n - M_{n-1}}{l_n}x$

	<b>aniqlanadi?</b>				
194	<b>Uzluksiz balka ko'ndalang kuchining qiymati qaysi formula bilan aniqlanadi?</b>	$Q = Q_x^0 + \frac{M_n - M_{n-1}}{l_n}$	$Q = Q_x^0 - \frac{M_n - M_{n-1}}{l_n}$	$Q = Q_x^0 + \frac{M_n + M_{n-1}}{l_n}$	$Q = Q_x^0 - \frac{M_n + M_{n-1}}{l_n}$
195	<b>Uzluksiz balka moment fokuslari usulida qanday hisoblanadi?</b>	Chap va o'ng moment fokuslari nisbatini aniqlab va uch moment tenglamalarini echib hisoblanadi	Chap moment fokuslari nisbatini aniqlab va uch moment tenglamalarini echib hisoblanadi	O'ng moment fokuslari nisbatini aniqlab va uch moment tenglamalarini echib hisoblanadi	Chap va o'ng moment fokuslari nisbatini aniqlab hisoblanadi
196	<b>Chap moment fokuslari deb nimaga aytiladi?</b>	Yuklangan oraliqdan chap tomonda joylashgan, yuklanmagan oraliq'ining eguvchi moment epyuralaridagi nolinchi nuqtalarga	Yuklangan oraliqdan o'ng tomonda joylashgan, yuklanmagan oraliq'ining eguvchi moment epyuralaridagi nolinchi nuqtalarga	Yuklanmagan oraliqdan chap tomonda joylashgan, shu oraliqning eguvchi moment epyuralaridagi nolinchi nuqtalarga	Yuklanmagan oraliqdan o'ng tomonda joylashgan, shu oraliqning eguvchi moment epyuralaridagi nolinchi nuqtalarga
197	<b>O'ng moment fokuslari deb nimaga aytiladi?</b>	Yuklangan oraliqdan o'ng tomonda joylashgan, yuklanmagan oraliq'ining eguvchi moment epyuralaridagi nolinchi nuqtalarga	Yuklangan oraliqdan chap tomonda joylashgan, yuklanmagan oraliq'ining eguvchi moment epyuralaridagi nolinchi nuqtalarga	Yuklanmagan oraliqdan o'ng tomonda joylashgan, shu oraliqning eguvchi moment epyuralaridagi nolinchi nuqtalarga	Yuklanmagan oraliqdan chap tomonda joylashgan, shu oraliqning eguvchi moment epyuralaridagi nolinchi nuqtalarga
198	<b>Fokus nisbatlari deganda nima tushiniladi?</b>	Yuklanmagan oraliqdagi tayanch momentlarining absolyut qiymatlari nisbati tushiniladi	Yuklangan oraliqdagi tayanch momentlarining absolyut qiymatlari nisbati tushiniladi	Yuklanmagan chap oraliqdagi tayanch momentlarining absolyut qiymatlari nisbati tushiniladi	Yuklanmagan o'ng oraliqdagi tayanch momentlarining absolyut qiymatlari nisbati tushiniladi
199	<b>Chap fokus nisbatlari qaysi formula bilan aniqlanadi?</b>	$k_n = 2 + \frac{l_{n-1}}{l_n} \left(2 - \frac{1}{k_{n-1}}\right)$	$k_n = 2 - \frac{l_{n-1}}{l_n} \left(2 - \frac{1}{k_{n-1}}\right)$	$k_n = 2 + \frac{l_{n-1}}{l_n} \left(2 + \frac{1}{k_{n-1}}\right)$	$k_n = 2 - \frac{l_{n-1}}{l_n} \left(2 + \frac{1}{k_{n-1}}\right)$
200	<b>O'ng fokus nisbatlari qaysi formula bilan aniqlanadi?</b>	$k'_n = 2 + \frac{l_{n+1}}{l_n} \left(2 - \frac{1}{k'_{n-1}}\right)$	$k'_n = 2 - \frac{l_{n+1}}{l_n} \left(2 - \frac{1}{k'_{n-1}}\right)$	$k'_n = 2 + \frac{l_{n+1}}{l_n} \left(2 + \frac{1}{k'_{n-1}}\right)$	$k'_n = 2 - \frac{l_{n+1}}{l_n} \left(2 + \frac{1}{k'_{n-1}}\right)$