

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIY TA'LIM, FAN VA INNOVASIYALAR VAZIRLIGI  
NAMANGAN MUHANDISLIK-QURILISH INSTITUTI**

**"QURILISH MEXANIKASI VA  
KONSTRUKSIYALARI"**

**(I-qism)**  
fani bo'yicha

**O'QUV USLUBIY MAJMUA**

Namangan 2023

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI**  
**OLIY TA'LIM, FAN VA INNOVASIYALAR VAZIRLIGI**  
**NAMANGAN MUHANDISLIK-QURILISH INSTITUTI**

Ro'yhatga olindi  
№ \_\_\_\_\_  
2023 y. " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_

"Tasdiqlayman"  
O'quv ishlari bo'yicha prorektor  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2023 y

**"QURILISH MEXANIKASI VA KONSTRUKSIYALARI"**  
(I-qism)  
fanidan

**O'QUV USLUBIY MAJMUA**

Namangan 2023

Mazkur o'quv-uslubiy majmua O'zbekiston respublikasi oliy ta'lim, fan va innovasiyalar vazirligi namangan muhandislik-qurilish instituti O'quv uslubiy birlashmalari faoliyatini Muvofiqlashtiruvchi Kengashining 2023 yil 07.04 dagi 322-son bayonnomasi bilan ma'qullangan va ro'yxatga olingan "Qurilish mexanikasi va konstruksiyalari" fanining o'quv reja va dastur asosida tayyorlandi.

Tuzuvchi: NamMQI katta o'qit.M.Karabayeva

Taqrizchi: SH.S.Yuldashev- NamMQI "Materiallar qarshiligi va mexanika" kafedrası professori t.f.d.

O'quv -uslubiy majmua NamMQI kengashining 2023 yil \_\_\_\_\_dagi \_\_\_\_-sonli qarori bilan tasdiqqa tavsiya qilingan.

## MUNDARIJA

| №    | Nomlanishi                     | bet |
|------|--------------------------------|-----|
| 1.   | O'quv materiallari             | 6   |
| 1.1. | Ma'ruza materiallari           | 86  |
| 1.2. | Amaliy mashg'ulot materiallari | 142 |
| 2.   | Mustaqil ta'lim mashg'ulotlari | 150 |
| 3.   | Glossariy                      | 154 |
| 4.   | Ilovalar                       |     |
| 4.1  | Fan dasturi                    | 168 |
| 4.2. | Ishchi fan dasturi             | 174 |
| 4.3. | Tarqatma materiallar           | 181 |
| 4.4. | Testlar                        | 205 |

# 1. O'quv materiallari

## So'z boshi

“Qurilish mexanikasi va konstruksiyalari” fani umummuhandislik (Nazariy mexanika, Materiallar qarshiligi, Me'morchilik, Qurilish konstruksiyalari) fanlarini asosiylaridan biridir. Fanni o'qitishdan maqsad, muhandis-pedagoglarda qurilish inshootlari va uning elementlarini mustahkam, chidamli, tejamli bo'lishini hisoblash va muqobil shakllarini aniqlash hamda inshoot konstruksiyalarining hisobiy modellarini to'g'ri tanlash, konstruksiya elementlarini turli xil yuklarga bardoshligini hisoblash, amaliy masalalarni yechishda zamonaviy hisoblash texnikasi va uslublaridan yaxshi foydalanish ko'nikmalarini hosil qilish ko'zda tutiladi.

Hozirgi kunda qurilish industriyasini jadal rivojlanishi, yangi axborot kommunikatsiyalarini kirib kelishi, muhandis-pedagoglar oldiga pedagogik, psixologik bilimlarga ega, atrof-muhit muhofazasini doimiy ta'minlashga qaratilgan masalalarning mohiyatini chuqur anglagan, ekologik toza texnologiyalar bilan tanishgan, qurilishni boshqarish, modellashtirish, avtomatlashtirish, shuningdek, kam sarf-harajatli arzon, mustahkam uzoqqa chidamli qurilish konstruksiyalari ishlab chiqaruvchi texnologiyalarni zamonaviy pedagogik, axborot texnologiyalari asosida olib boradigan yetuk mutaxassis kadrlar bo'lishlikni taqozo etmoqda.

“Qurilish mexanikasi va konstruksiyalari” fani p'rdemeti va vazifalari. qurilish mexanikasi, statik kuch, dinamik kuch, juft kuch, taralgan kuch, to'plangan kuch, hisob sxemasi, muvozanat tenglamalari, tayanch turlari, tayanch reaksiyalari, kinematik analiz, tayanch reaksiyasi, murakkab sharnir, geometrik o'zgarmas sistema, geometrik o'zgaruvchan sistema, oniy o'zgaruvchan sistema, kinematik analiz, yassi sistema, erkinlik darajasi, oddiy sharnir, haraktlanuvchi kuch, ta'sir chizig'i, reaksiya kuchining ta'sir chizig'i, ko'ngdalang kuch ta'sir chizig'i, eguvchi moment ta'sir chizig'i, tugunlar orqali yuk uzatilish, uzatuvchi chizig'i, tugun orqali yukni uzatilganida zo'riqishlar ta'sir chiziqlarini qurish, inshootga yig'iq kuchlar qo'yilganida ta'sir chizig'i yordamida zo'riqishlarni aniqlash, inshootga yoyiq kuchlar qo'yilganida ta'sir chizig'i yordamida zo'riqishlarni aniqlash, inshootga juft kuchlar qo'yilganida ta'sir chizig'i yordamida zo'riqishlarni aniqlash, ko'p oraliqli balka, ko'p oraliqli balka turlari, hisoblash tarxi, asosiy balka, osma balka, osma balka tayanch reaksiyasining ta'sir chizig'i, asosiy balka tayanch reaksiyalarining ta'sir chiziqlari, osma balka ko'ndalang kesimidagi kesuvchi kuchlar ta'sir chiziqlari, asosiy balka ko'ndalang kesimidagi eguvchi moment ta'sir chiziqlari, osma balka ko'ndalang kesimidagi eguvchi moment ta'sir chiziqlari, asosiy balka ko'ndalang kesimidagi kesuvchi kuch ta'sir chiziqlari, ferma, fermalar turlari, fermani hisoblash usullari, moment nuqtasi, ajratib olingan tugun muvozanat tenglamalari, ferma tayanch reaksiyasining ta'sir chizig'i, ferma sterjenidagi zo'riqishlar ta'sir chizig'i, ta'sir chizig'ining o'ng va chap chiziqlari, uzatuvchi chiziq, Shprengelli ferma sterjenlaridagi zo'riqish kuchlarini ta'sir chiziqlarini qurish, s'ringilli ferma, shringil, birinchi kategoriyalik sterjen, ikkinchi kategoriyalik sterjen, uchunchi kategoriyalik sterjen, sh'ringilli ferma, uch sharnirli sistema, uch sharnirli arka, uch sharnirli rama, kerki (rasor), arka ko'ndalang kesimidagi kesuvchi kuch, arka ko'ndalang kesimidagi eguvchi moment, arka ko'ndalang kesimidagi bo'ylama kuch, arka o'qining eng maqbul shakli, tayanch reaksiyalar ta'sir chizig'i, ko'ndalang kuch ta'sir chizig'i, eguvchi moment ta'sir chizig'i, bo'ylama kuch ta'sir chizig'i, ko'chish, deformasiya, tashqi kuch bajaradigan ish, ichki kuchlar bajaradigan ish, ishlarning o'zaro bog'liqligi, ko'chishlarning o'zaro bog'liqligi. Ichki kuchlar bajaradigan ish, ishlarning o'zaro bog'liqligi, ko'chishlarning o'zaro bog'liqligi. (Mor formulasi), Vereshchagin usulida aniqlash, tashqi kuchlardan hosil bo'ladigan zo'riqishlar, birlik kuch ta'siridan hosil bo'ladigan zo'riqish, Mor integrali, balka va ramalar uchun Mor formulasi, fermalar uchun Mor formulasi, egriligi kichik arkalar uchun Mor formulasi, tashqi kuchlardan hosil bo'ladigan zo'riqishlar, birlik kuch ta'siridan hosil bo'ladigan zo'riqish, Mor integrali, balka va ramalar uchun Mor formulasi, fermalar uchun Mor formulasi, egriligi kichik arkalar uchun Mor formulasi, 6-semestrda statik aniqmaslik darajasi, ortiqcha bog'lanishlar, bog'lanishlar, kanonik tenglamalar, yopiq konturlar, asosiy sistema, kuchlar usulining noma'lumlari, birlik eguvchi moment epyurasi, statik aniqmaslik darajasi, birlik epyuralarni chizish, simmetrik ramalarni kuchlar usulida hisoblash, sistemalarni simmetrikligidan foydalanish, kanonik tenglamalar koeffisientlari, kanonik tenglamalar ozod hadlari, simmetrik ramalar, nosimmetrik ramalar, simmetrik kuchlar, kanonik

tenglamalar koeffisientlarini aniqlash, kanonik tenglamalar ozod hadlarini aniqlash, teskari simmetrik kuchlar, noma'lumlarni guruhlash, natijaviy eguvchi moment epyurasi, deformatsion tekshirish, statik tekshirish, tutash balkalar, tutash balkalar asosiy sistemasi, soxta (fiktiv) yuk, soxta (fiktiv) reaksiya kuchi, chap va o'ng fokslar nisbatini, chap va o'ng fokslar nuqtasi, doimiy kuch, vaqtinchalik kuch., statik aniqmas arkalar, bir sharnirli statik aniqmas arka, ikki sharnirli statik aniqmas arka, sharnirsiz statik aniqmas arka, statik aniqmas arkalar, bir sharnirli statik aniqmas arka, ikki sharnirli statik aniqmas arka, sharnirsiz statik aniqmas arka, statik aniqmas arkalar, bir sharnirli statik aniqmas arka, ikki sharnirli statik aniqmas arka, sharnirsiz statik aniqmas arka, statik aniqmas arkalar, bir sharnirli statik aniqmas arka, ikki sharnirli statik aniqmas arka, sharnirsiz statik aniqmas arka, statik aniqmas ferma, statik aniqmas fermalarni aniqmaslik darajasi, tashqi statik aniqmas fermalar, ichki aniqmas fermalar, ramalarni ko'chishlar usulida hisoblash, ramalarni ko'chishlar usulida qabul qilingan noma'lumlar, ko'chishlar usulining asosiy sistemasi, ko'chishlar usulining kanonik tenglamasi, bir oraliqli statik aniqmas balka, balkalarning sxemalari, balkalarning sxemalari yuklanishlariga qarab moment va reaksiya qiymatlari, birlik reaksiyalarni o'zaro bog'lanish g'aqida teorema, birlik reaksiya bilan birlik ko'chishning o'zaro bog'lanish teorema, Statik usul, epyuralarni ko'paytirish usuli, ramalarni M, Q va N epyuralarni qurish, kanonik tenglama koeffisientlari, ozod hadlar, epyuralarni ko'paytirish usuli, Ramalarni M, Q va N epyuralarni qurish va ular bilan ishlash namunaviy misollar asosida tushuntirib o'tilgan.

“Qurilish mexanikasi va konstruksiyalari” fanini o'zlashtirish jarayonida bakalavr olgan bilimni fan sohalarida, ishlab chiqarish va ta'limda qo'llash xususiyatlari, kompyuterni dasturiy ta'minoti, loyiha hisoblarini o'timallashtirish va umumlashtirish, kompyuter texnologiyalari yutuqlarini zamonaviy hisoblash tizimlarining matematik va dasturiy ta'minotida qo'llash, dasturlash texnologiyalarini, tatbiqiy va hisoblash matematikasi masalalarini yechish ulardan foydalana olish, tadbiqiy masalalarni yechish algoritmini tuzish, matematik (kompyuter) modelini qurish va uning dasturiy ta'minotini foydalanish, ko'nikmalariga ega bo'ladi.

## 1.1.Ma'ruza materiallari

### 1-mavzu. Qurilish mexanikasi faniga kirish.

#### Reja:

1. Qurilish mexanikasi fanining mohiyati va usullari.
2. Qurilish mexanikasi fanining qisqacha rivojlanish tarixi va boshqa fanlar bilan uzviy bog'liqligi.

#### Tayanch so'z va iboralar:

*Loyihalash, ichki kuchlar, kuchlanish holati, konstruksiya, inshoot, mustahkamlik, bikrlilik, ustivorlik, ratsional shakl, xakikiy shakl, to'liq shakl, hisob sxemasi, sterjenli sistemalar, plastinka, kobiq, massiv sistemalar, yassi va fazoviy sistemalar, yuklar, tayanchlar, reaksiya.*

#### Qurilish mexanikasi faniga kirish.

Qurilish mexanikasi - konstruksiya va inshootlarning mustahkamligi, bikrligi va ustivorligini hisoblash printsiplari hamda metodlari to'g'risidagi fandır. Unda inshootlarning mustahkamligini hisoblash bilan birga ularning tashqi kuchlarga chidamli bo'lishini tahminlash masalasi tekshiriladi.

Inshootlarning ustivorligini hisoblashda konstruksiyalarning aynan o'rni va muvozonat holidagi shaklini deformasiyalangandan keyin ham saqlab qolish qobiliyati aniqlanadi.

Inshootlarning katta ko'chish (siljish) tebranishlar ta'siriga chidamliligini, ulardan normal foydalanishni aniqlash maksadida bikrlikka hisoblanadi.

Inshootlarning mustahkamligi, bikrligi va ustivorligi masalalarini hal qilish uchun tashqi kuchlar ta'siridagi sistemalarda hosil bo'ladigan ichki zo'riqishlar va deformasiyalarni aniqlash metodlarini bilish kerak.

Qurilish mexanikasining asosiy vazifalaridan biri-inshootlarda hosil bo'ladigan ichki zo'riqish kuchlari va deformasiyalarini aniqlashdan iborat.

Agar inshoot elementlarining materiali va o'lchamlari ma'lum bo'lsa aniqlangan ichki zo'riqish kuchlari va deformasiyalar miqdoriga ko'ra har bir element va butun inshootning mustahkamligi, bikrligi va ustivorligini tekshirish mumkin.

Qurilish mexanikasi statik va dinamik kuchlar ta'sirida bo'lgan inshootlarni hisoblash nazariyalari to'g'risida ma'lumot beradi.

Qurilish mehanikasining yana bir vazifasi – inshootlarning tuzilishi, uning elementlarining bir - biriga birlashtirilishi qonunlarini tekshirish va ularning eng ratsional (havfsiz, tejimli) shakllarini yaratishdan iborat.

Inshootlar va ularni konstruksiyalarini hisoblashda har qanday muxandis 2 ta omilni: inshootga ta'sir qiluvchi kuchlarni va uning ta'siridan inshoot va uning elementlarida xosil bo'ladigan ichki zo'riqishlarni aniqlashni bilishi muhim ro'l o'ynaydi.

#### Qurilish mexanikasi fanining kiskacha rivojlanish tarixi

XIX asrning boshlariga kelib sanoat, temir yo'l transporti va gidrotexnika inshootlarning rivojlanishi quruvchilar oldiga yangi injenerlik masalalarini qo'ydi. Bu davrda temirdan tayyorlangan temir yo'l ko'priklari, katta oralikli (proletli) fermalar qurilishi keng tarqaldi.

Rus mexanigi I.P.Kulibin (1735 — 1813) bu sohada o'zining bir qancha ixtirolarini e'lon qildi. U 1776 yilda Neva daryosiga muljallangan, prolyoti 300 metrli arka tipidagi yog'och ko'priknı hisoblash nazariyasini yaratdi. Arka modelini (10 marta kichraytirilgan) 3500 pudli yuk bilan tekshirib sinab qurdi.

Rus ko'priksunos injeneri D. I. Juravskiy (1821 — 1891) o'z nazariyalari va eksperimental ishlari bilan qurilish mexanikasining rivojlanishiga katta xissa qo'shdi. U 1855 yilda tashqi kuchlar ta'sirida ferma elementlarida hosil bo'ladigan zo'riqishlarning qonunini aniqladi va ferma modelida tekshirib qo'rdi. Birinchi bo'lib balkalarni mustahkamligini faqat normal kuchlanishlariga emas balki urinma kuchlanishlariga ham bog'liqligini, ularni aniqlash nazariyasini yaratadi. XIX asrning oxirida va XX asrning boshlarida konstruksiyalarning murakkablashuvi mos holda ularning hisoblash sxemalarini murakablashuviga sabab bo'ldi. Bu

sohada ma'lum bo'lgan grafik metod ko'p masalalarni yechish imkonini bera olmas edi. Bunday sistemalarni hisoblash uchun yangi analitik metodlar yaratila boshladi.

Bu davrda qurilish mexanikasining rivojlanishiga buyuk olimlar D.Maksvell (1831 — 1879), O.Mor (1835 — 1918), D.Reley (1842 — 1919), S.P.Timoshenko (1878 — 1972) va boshkalar katta xissa ko'shdilar. Professor X.S.Golovin (1844 — 1904) arkalarini hisoblashda elastik nazariyasini tadbik etdi qurilish mexanikasiga oid kitobini nashr kildi. Bulardan tashqari X.S.Golovin ko'p panjarali fermalarni takribiy hisoblash usulini va qurilish mexanikasida eng kichik ish printsiptini yaratdi.

Professor F.S.Yasinskiy (1856 — 1899) yaratgan sterjenlarining ustuvorlik nazariyasi va fazoviy hamda panjarali simmetrik fermalarni hisoblash sohasidagi ishlari, olim va pedagog V.L. Kirpichevning grafostatikaga tegishli va statik aniqmas sistemalarni hisoblash nazariyasi, professor L.D.Prosquryakovning (1859 — 1926) grafik va grafoanalitik hisoblash metodlari va Rossiya fanlar akademiyasining faxriy ahzosi V.G.SHuxovning (1853 — 1939) ko'pgina asarlari giperbolik shaklidagi po'lat minoralari va boshqa ishlari qurilish mexanikasining rivojlanishiga katta xissa qo'shdi. Statik aniqmas sistemalarni hisoblash nazariyasining rivojlanishda B. G. Golyorkin, I. M. Rabinovich, N. S. Streletskiy, A. A. Gvozdev, B. N. Jemochkin, N. I. Bezuxov, I. P. Prokofg'ev, A. P. Filin, V. A. Kiselyov va boshqa ko'pgina olimlarning asarlari, O'zbekistonlik olimlar M. T. O'rozboev, X. A. Raxmatulin, V. K. Qobulov, T. R. Rashidov, T. SH. SHirinko'lov, K. S. Abdurashidov va boshqalarning ishlari salmoqli bo'lib ko'shildilar.

Inshootlarning dinamikasi hamda ustuvorlik nazariyalariga ta'luqli masalalar A. N. Dinnik, K. S. Zavriev, N. V. Kornouxov, N. K. Snitko, A. F. Smirnov, V. V. Bolotin, I. P. Prokofg'ev, Ya. M. Ayzenberg, A. I. TSeytlin va boshqa olimlarning asarlarida rivojlantirildi. V. Z. Vlasovning tadqiqod ishlarida qobiqlarni hisoblash nazariyasi to'la bayon etildi va injenerlik masalarini yechishda ularni amaliy tadbik qilish yo'llari ko'rsatildi.

Elastik asosda yotuvchi sistemalarni hisoblash nazariyasining rivojlanishiga A. N. Krqlov, N. P. Puzqryovskiy, G. D. Dutov, B. N. Gorbunov, A. A. Umanskiy va boshqa olimlarning ishlari katta hissa bo'lib ko'shildi. A. A. Ilyushin, A. A. Gvozdeev, N. S. Streletskiy, N. N. Golg'denblat va boshqa olimlar yaratgan chekli holat uslubi qurilish normalari va qoidalariga (SNIP) kiritildi.

## **2-mavzu. Inshootlar hisoblash sxemalari va ularning turlari**

### **Reja:**

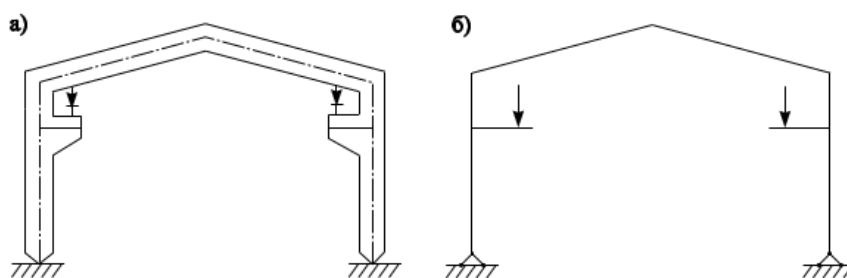
1. Inshootlar va ularning hisoblash sxemalari. Tayanchlar va ularning turlari.
2. Tashqi yuklar va ularning inshootga ta'siri. Inshootlar hisoblash sxemalarining kinematik analizi. Inshootlar geometrik strukturasiyining analizi.

### **Tayanch so'z va iboralar:**

*Loyihalash, ichki kuchlar, kuchlanish holati, konstruksiya, inshoot, mustakamlik, bikrlilik, ustuvorlik, ratsional shakl, haqiqiy shakl, to'liq shakl, hisob sxemasi, sterjenli sistemalar, plastinka, kobiq, massiv sistemalar, yassi va fazoviy sistemalar, yuklar, tayanchlar, reaksiya.*

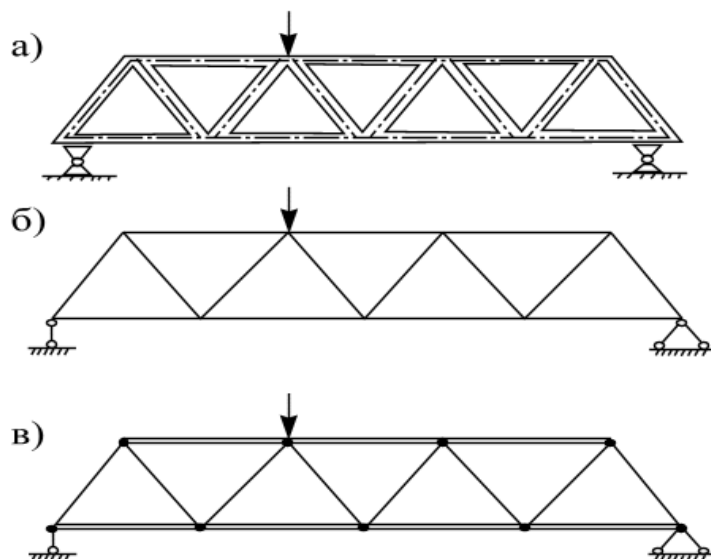
Inshoot va tuzilmalar (konstruksiya)ining hisobini osonlashtirish uchun ularning haqiqiy sxemasi hisoblash sxemasi bilan almashtiriladi.

Inshootlarning asosiy xususiyatlarini hisobga oluvchi uning soddalashtirilgan tasviri (sxemasi) hisoblash tasviri deyiladi. Hisoblash tasviri imkoni boricha ko'proq haqiqiy tasvirni ifodalashi zarur. 1.1, 1.2—rasmlarda ba'zi inshootlar, ularning to'liq va hisoblash tasvirlari ko'rsatilgan.



**1.1.-pacm**





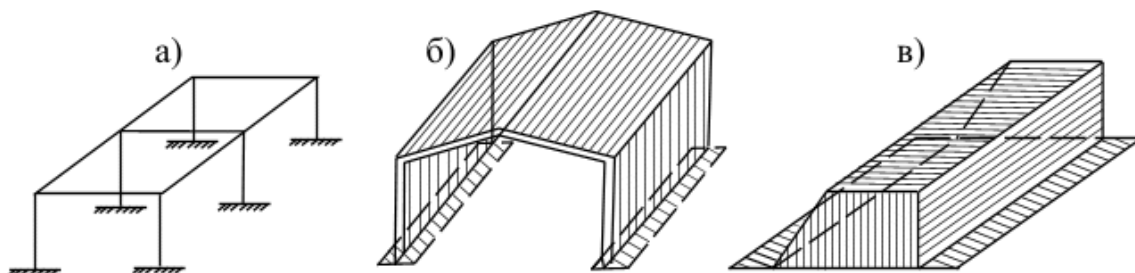
1.2 — rasm

Inshootlar va ularning hisoblash sxemalari elementlarning geometrik shakliga ko'ra quyidagicha klassifikatsiyalanadi (turlanadi):

Sterjenlar birikmasidan tashkil topgan inshootlar (1.3a—rasm) sterjenli sistemalar deyiladi.

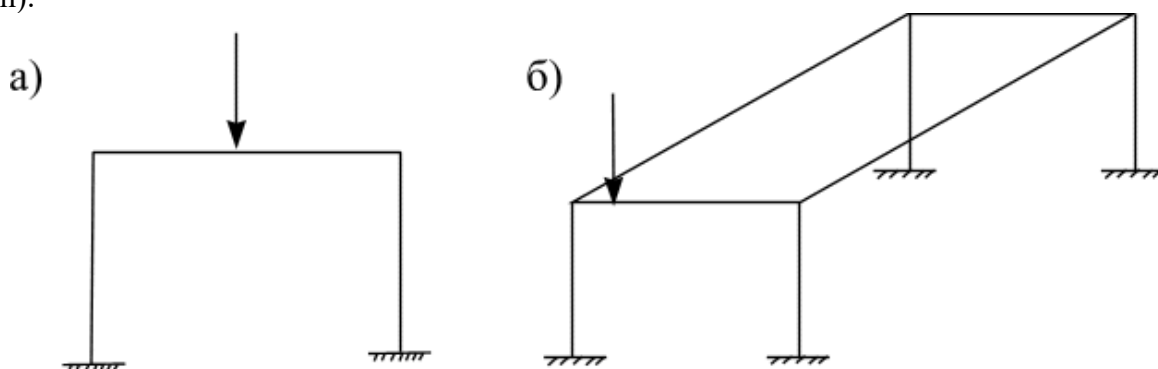
Plastinka, plita va qobiqlar hamda ularning birikmasidan tashkil topgan inshootlar (1.3b — rasm).

Uch o'lchami bir-biriga yaqin bo'lgan inshootlar (1.3a—rasmda) massiv sistemalar deyiladi.



1.3-rasm

Inshootlar elementlarning joylashuviga ko'ra yassi va fazoviy sistemalarga bo'linadi (1.4 — rasm).



1.4 — rasm

Inshootlarning fizik hisoblash modeli tanlangandan so'ng hisoblash usuli (metodi) tanlanadi va uning yordamida hisoblash modeli o'rganiladi.

### Tashqi yuklar va ularning turlari

Yuklarning uchta asosiy guruhi bo'lishi mumkin:

1. Foydali yuklar — inshoot qabul qilishi lozim bo'lgan yuklar. Masalan, odamlar, asbob-uskunalar, avtomobillar va hokozo.
2. Inshootlarning xususiy og'irligi.
3. Qor va shamol (atmosfera) yuklari (ta'siri).

Yuklarning ko'yilishiga qo'ra ular to'plangan va taralgan (yoyilgan) bo'ladi.

Yuklar ta'sir qilish vaqtiga ko'ra doimiy va muraqqat yuklarga bo'linadi. Ta'sir qilish harakteriga ko'ra statik va dinamik bo'ladi.

Statik kuchlar ta'siridan inshoot qisimlarida inersiya kuchi hosil bo'lmaydi.

Inshootga ta'sir kiluvchi yuklar kuzgalmas va harakatlanuvchi yuklar guruhiga bo'linadi.

Inshootlar tayanchlarining cho'kishi va tashqi haroratning o'zgarishi natijasida ham ularga ta'sir etuvchi qo'shimcha yuklar hosil bo'lishi mumkin.

Inshootga ta'sir kiluvchi yuklar ko'zgalmas va harakatlanuvchi yuklar guruhiga bo'linadi.

Inshootlar tayanchlarining cho'kishi va tashqi haroratning o'zgarishi natijasida ham ularga ta'sir etuvchi qo'shimcha yuklar hosil bo'lishi mumkin.

Tashqi yuklarning turlari materiallar qarshiligida o'rganilgan turlarga aynan mosdir. SHu bilan birga qurilish mexanikasida qo'yilish nuqtasiga qarab quyidagi turlarga bo'linadi:

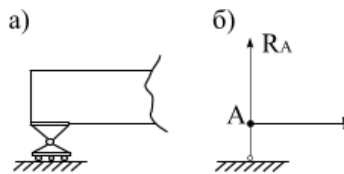
1. Qo'zgalmas yuklar – bu yuklar inshootga ta'sir qilish davrida o'z o'rnini o'zgartirmaydi.
2. Qo'zgaluvchan yuklar – inshootga qo'yilgan o'rnini o'zgartiradigan yukdir.

Inshootga bir necha turdagi yuklar ta'sir qilganda ularni birgalikda qarash uchun asosiy va maxsus birikmalar qaraladi. Buning natijasida hisobiy zo'riqishlar aniqlanadi. So'ngra shu zo'riqish asosida konstruktiv yechimlar tanlanadi. Bunda qo'llanadigan koeffisientlar inshootning va materialning turiga muvofiq qurilish meyorlarida va qoidalarida keltirilgan bo'ladi.

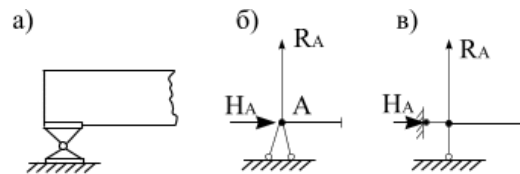
### Tayanch va ularning turlari

Inshootlarni asos bilan biriktiruvchi va ularning ko'chishini cheklovchi qurilmalar tayanchlar deb ataladi.

Tekis inshootlar tayanchlari asosan quyidagi turlarda bo'ladi: 1.SHarnirli qo'zgaluvchan tayanch (1.5 — rasm). 2.SHarnirli qo'zgalmas tayanch (1.6 — rasm).

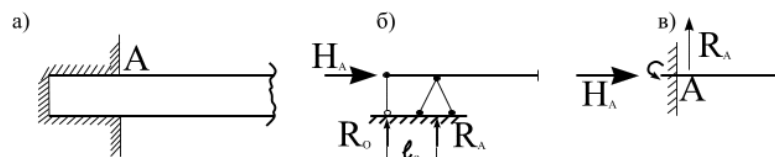


1.5 - rasm



1.6 - rasm

3. Qistirib mahkamlangan tayanch (1.7 — rasm):



1.7 — rasm

### Mustaqil ishlash va nazorat savollari:

1. Qurilish mexanikasi fani nimani o'rgatadi?
2. Qurilish mexanikasi fanining rivojlanishi qaysi davrdan boshlandi?
3. Fanni rivojlanishiga hissa qo'shgan qaysi o'zbekistonlik olimlarni bilasiz?
4. Inshootlar hisoblash sxemasi deganda nima tushuniladi? Uni tanlashda qanday fikr mulohazalarga tayanish kerak?
5. Qanday sistemalar sterjenli sistema deyiladi?
6. Qanday sistemalar tekis yoki fazoviy sistemalar deyiladi?
7. Qanday ta'sirlar inshootlarga qo'yilgan yuk bo'ladi?
8. Yuklarning turlarini ayting?
9. Tayanchlar qanday vazifani bajaradi?

## 10. Tayanch reaksiyalari nima?

### 3-mavzu. Inshootlar hisoblash sxemalarining kinematik analizi

#### Reja:

1. Tayanchlar va ularning turlari.
2. Geometrik o'zgaras, o'zgaruvchan va oniy o'zgaruvchan sistemalar. Sistemalarning erkinlik darajasi.
3. Sterjenli sistemalarning geometrik o'zgarasligining zaruriy sharti.

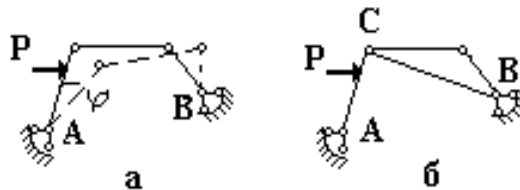
#### Tayanch so'z va iboralar:

*Loyihalash, ichki kuchlar, kuchlanish holati, konstruksiya, inshoot, mustakamlik, bikrlilik, ustuvorlik, ratsional shakl, xakikiy shakl, to'liq shakl, hisob sxemasi, sterjenli sistemalar, plastinka, kobiq, massiv sistemalar, yassi va fazoviy sistemalar, yuklar, tayanchlar, reaksiya.*

#### Inshootlar sxemalarining kinematik analizi

Kinematik analizdan kuzlangan maqsad bir-biri bilan sharnirli yoki tashqi yuklar ta'sirida o'zining shakli va holatini o'zgartirmasligi lozim.

Bunday talabni qanoatlantiruvchi inshoot geometrik o'zgaras sistema bo'ladi. Inshoot shakli yoki holatining o'zgarishi uni tashqil etuvchi elementlarning deformatsiyalanishi tufayliga sodir bo'lishi mumkin. Har bir inshootni hisoblashdan oldin uning sxemasini geometrik o'zgaraslik shartlariga asosan kinematik analiz qilish kerak. Masalan, 1.6-rasmda tasvirlangan sistemaning sterjenlaridagi zuriqishlari aniqlash mumkin emas, chunki oz miqdordagi  $P$  kuchning ta'siri ham uning shakli va holatini o'zgartiradi. Demak, berilgan sistema geometrik o'zgaruvchan sistema, ya'ni mexanizmdir. Sistema geometrik o'zgaras bo'lishi uchun unga qo'shimcha bog'lovchi element (masalan,  $BC$ )ni kiritish kerak (1.6-rasm, b).



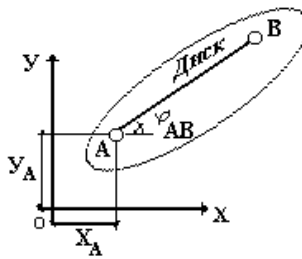
1.6 - rasm

Sistemani asosiy hamda yordamchi elementlarga ajratishda va ularning bir-biri bilan qanday bog'lanishda ekanligini tekshirishda kinematik analizning ahamiyati katta. Kinematik analiz yordamida sistemaning geometrik o'zgaras yoki o'zgaruvchi ekanligi bilib olinadi. Faqat geometrik o'zgaras inshootlarga tashqi yuklarni qabul qilib, ularga qarshilik ko'rsatishi, ya'ni yuklar ta'sirida ishlashi mumkin.

#### Yassi sistemalarning erkinlik darajasi.

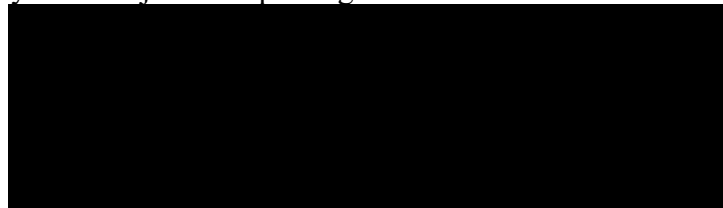
Har qanday yassi jism yoki yassi jismlar sistemasining tekislikda olgan urnini tula aniqlab beruvchi, bir-biriga bog'liq bo'lmagan geometrik parametrlar miqdori shu sistemaning erkinlik darajasi soni deb ataladi. Tekislikda olingan biror  $A$  nuqtaning ixtiyoriy qabul qilingan qo'zg'almas koordinatalar o'qiga nisbatan olgan urni ikkita koordinata  $X_A$ ,  $U_A$  bilan aniqlanadi. Shuning uchun nuqtaning o'zi yotgan tekislikdagi erkinlik darajasi soni ikkiga teng bo'ladi.

Har qanday geometrik o'zgaras tekis sistema disk deb ataladi. Masalan: sterjen, 'lastinka, balka va fermalarni disk deb qabul qilish mumkin. Tekislikdagi biror diskning koordinatalar uqiga nisbatan olgan o'rni uchta parametr  $X, U$  va  $\phi_{AV}$  bilan aniqlanadi (1.7-rasm). Demak, har bir disk o'zi yotgan tekislikda uchta erkinlik darajasiga ega bo'ladi. Diskning erkin harakatini, ya'ni erkinlik darajasini turli qurilmalar yordamida cheklash mumkin. Bitta erkinlik darajasini cheklovchi kurilma kinematik bog'lanish deiladi. Bunga misol qilib, ikkita diskni bir-biri bilan bog'lovchi sterjenni ko'rsatish mumkin (1.8 - rasm, a). Bu sterjen ikkinchi



1.7 -rasm

diskning birinchi diskka nisbatan chiziqli ko'chishiga qarshilik ko'rsatadi. Ikki disk bir-biri bilan silindrik sharnir vositasida bog'langanda (1.8-rasm,b) birinchi diskka nisbatan ikkinchi disk ikkita erkinlik darajasini yuqotadi. Demak, silindrik sharnir ikkita sterjenga ekvivalentdir (1.8-rasm,b). Inshootlarning hisoblash sxemalari, asosan, geometrik tekis elementlar (disklar)dan iborat bo'lgan kinematik zanjirlardan tuziladi (1.9-rasm). Bu disklar (elementlar) bir-biriga sharnirlar yordamida, yerga esa tayanch sterjenlar orqali bog'lanadi.



Bunday murakkab sistemaning erkinlik darajalari soni quyidagicha aniqlanadi. Sistemadagi disklar soni  $D$  bo'lsa, uning erkinlik darajasi soni  $3D$  bo'ladi, chunki har bir disk uchta erkinlik darajasiga ega. Bu disklar bir-biri bilan SH ta oddiy sharnirlar bilan bog'langan bo'lsa, sistemaning erkinlik darajasi  $2SH$  ga kamayadi, chunki har bir sharnir ikkita erkinlik darajasini yuqotadi. Sistemani yerga bog'lovchi har bir tayanch sterjen uning bitta erkinlik darajasini yuqotadi. Demak, murakkab sistemaning erkinlik darajasi soni  $W$  quyidagi ifodaga asosan to'iladi:

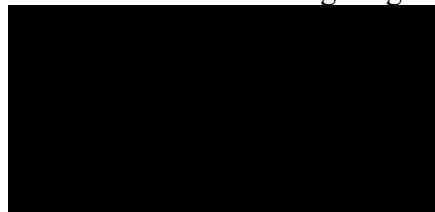
$$W = 3D - 2SH - C_T,$$

bunda  $D$  - disklar soni,  $SH$  - diskarni o'zaro bog'hlovchi oddiy sharnirlar soni,  $C_T$  - tayanch sterjenlar soni.

Agar berilgan sistema uchun  $W > 0$  bo'lsa, sistema geometrik o'zgaruvchandir;  $W = 0$  bo'lsa, sistema geometrik o'zgarmas;  $W < 0$  bo'lganda esa sistema geometrik o'zgarmas bo'lish bilan birga, o'z tarkibida ortiqcha bog'lanishlariga ega bo'ladi. Ortiqcha bog'lanishlarga ega bo'lgan sistemalar statik anikmas sistemalar deyiladi.

Agar berilgan sistemaning biror sharnirli tugunida bir necha disklar bir bilan bog'langan bo'lsa, bunday sharnir murakkab sharnir deb ataladi (1.10-rasm). Murakkab sharnirli sistemalarning erkinlik darajalari soni (1.1) formula bilan aniqlanadi; lekin murakkab sharnirlar sonini oddiy sharnirlar soni bilan almashtirish kerak.

Agar murakkab sharnirda  $n$  ta disklar bir biri bilan bog'langan



1.10 rasm

bo'lsa, uning oddiy sharnirlar soni bog'langan disklar sonidan bitta kam ( $n-1$ ) bo'ladi.

**Inshootlar geometrik strukturasi analiz.** Tekis sistemalarning geometrik o'zgarmas ekanligi ishonch hosil qilish uchun  $W < 0$  shart bajarilishi bilan birga uning geometrik tuzilishini analiz qilish kerak.

Agar berilgan sxema uchun  $W < 0$  shart bajarilgan bo'lsa, u geometrik o'zgaruvchan bo'lishi ham mumkin. Masalan, 1.11- rasm, a va b da ko'rsatilgan ikki sistemadagi disklar soni  $D=3$ , oddiy sharnirlar soni  $SH=2$  va tayanch sterjenlar soni  $C_T=5$  bir xildir. U holda ularning erkinlik darajasi (1.1) formulaga asosan:



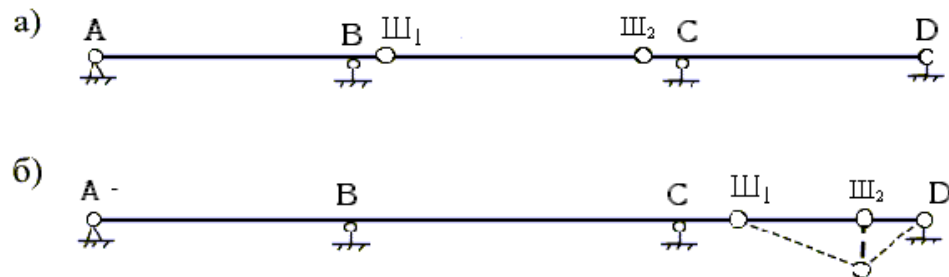
1.11 -rasm

$$W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 2 - 5 = 0$$

Birinchi sxema (1.11-rasm,a) geometrik o'zgarmasdir. Lekin 2-chi sxemaning 3-chi prolyotidagi S sharniri pastga yoki yuqoriga erkin ko'chishi mumkin. Demak, balkaning VSD qismi geometrik o'zgaruvchan va AV qismi esa ortiqcha tayanch bog'lovchiga ega.

### Inshootlar geometrik strukturasi taxlil.

Tekis sistemalarning geometrik o'zgarmas ekanligiga ishonch hosil qilish uchun  $W \leq 0$  shart bajarilishi bilan birga uning geometrik tuzilishini analiz qilish kerak. Masalan, 2.5 – rasmda  $W \leq 0$  sharti bajarilgan bo'lsa ham, geometrik o'zgaruvchan bo'lgan balka ko'rsatilgan.

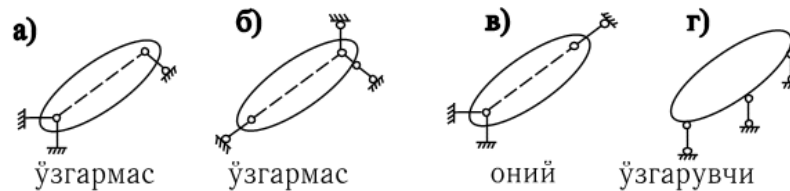


2.5 — rasm

Erkinlik darajasi  $W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 2 - 5 = 0$ .

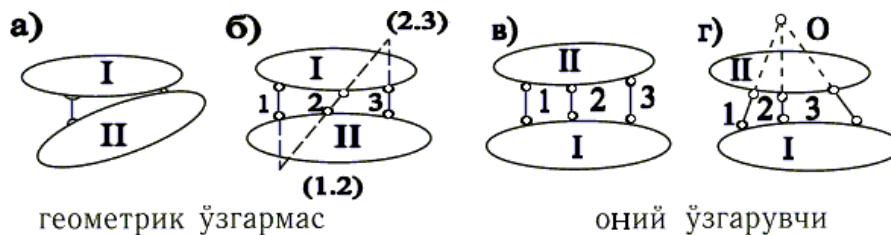
Inshootni hisoblash sxemasi geometrik o'zgarmas bo'lish uchun ular yer bilan va o'zaro quyidagi shartlarga asosan bog'langan bo'lishi kerak.

1) Bir disk va uch sterjenlardan iborat bo'lgan sistema (2.6 — rasm)



2.6 — rasm

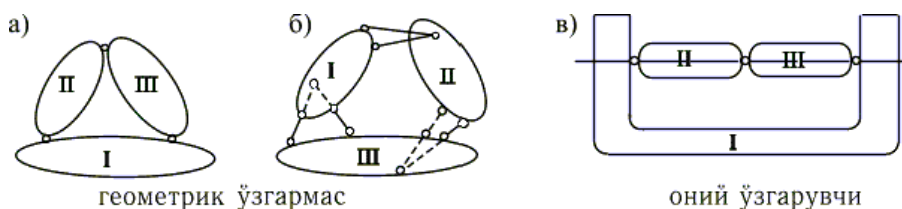
2) Ikki disk, bir sterjen' va bitta oddiy sharnirdan yoki 3ta sterjendan iborat sistema (2.7 — rasm).



2.7 — rasm

Demak, ikki disk o'zaro geometrik o'zgarmas bo'lish uchun ular bitta sharnir va bitta sterjen' bilan bog'langan yoki bir nuqtada kesishmovchi 3ta sterjen' bilan bog'langan bo'lish kerak.

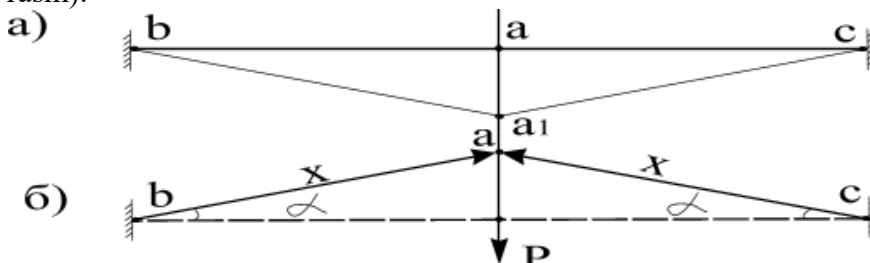
3) Uchta diskni geometrik o'zgarmas qilib bog'lash uchun bir to'g'ri chiziqda yetmagan uchta oddiy sharnir yoki 6ta sterjen' kerak bo'ladi (2.8— rasm). Aks holda hosil bo'lgan sistema oniy o'zgaruvchan bo'ladi.



Demak,  $W \leq 0$  shart sistemaning geometrik o'zgaras bo'lishi uchun zarur, lekin yetarli emas ekan. SHuning uchun  $W \leq 0$  bo'lishidan tashqari sistemaning elementlari bir-biri bilan yuqorida keltirilgan shartlarga binoan bog'likligini tekshirish kerak.

Demak,  $W \leq 0$  shart sistemaning geometrik o'zgaras bo'lishi uchun zarur, lekin yetarli emas ekan. SHuning uchun  $W \leq 0$  bo'lishidan tashqari sistemaning elementlari bir-biri bilan yuqorida keltirilgan shartlarga binoan bog'likligini tekshirish kerak.

Bir to'g'ri chizig'da yotgan ikkita to'g'ri chizig'dan iborat sistema, oniy o'zgaruvchi sistema bo'ladi (2.9 — rasm).



2.9 — rasm

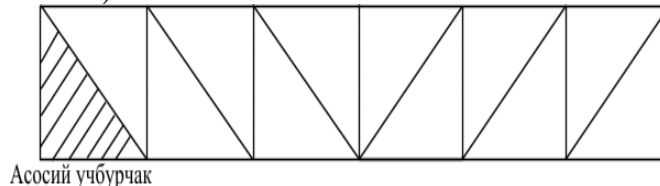
Oniy o'zgaruvchi sistemalarda tashqi yuklar ta'siridan yoki ularning ta'sirisiz cheksiz katta zo'riqishlar yoki noaniqlikka ega bo'lgan zo'riqishlar hosil bo'ladi. Bu bunday sistemalarning statik belgisi bo'ladi. 2.9–rasmda ko'rsatilgan oniy o'zgaruvchi sistemaning hisoblash sxemasini (2.9–rasm) qaraylik:

$$\sum y = 0, 2X \cdot \sin \alpha - R = 0, X = R / 2 \sin \alpha$$

Agar  $\alpha \rightarrow 0$  bo'lsa, noma'lum kuch  $X$  katta yoki cheksiz qiymatlarga teng bo'ladi.

Bundan tashkari, oniy o'zgaruvchanlikni aniqlash uchun yuklanmagan sistemalar o'rganiladi. Agar sistema oniy o'zgaruvchi bo'lsa, u holda tayanch reaksiyalari noaniqlikka teng bo'ladi.

Ferma konstruksiyasi uch burchakdan iborat bo'lganligi sababli geometrik o'zgaras sistemalariga kiradi (2.10–rasm).



2.10 — rasm

SHarnirli-sterjenli sistemalarning (femalarni) erkinlik darajasi quyidagi formula yordamida aniqlanadi.

$$W = 2Y - C - C_{\text{tayanch}} \quad (1.2)$$

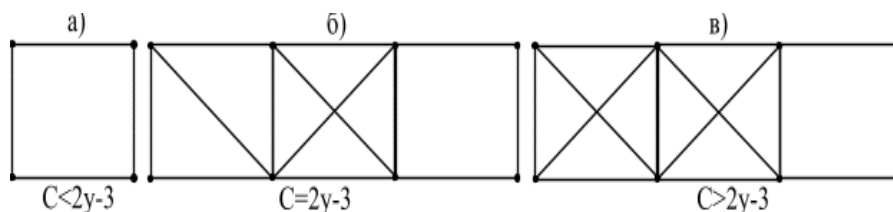
Bu yerda  $Y$  – tugunlar soni,  $S$  – sterjenlar soni,  $S_t$  – tayanch sterjenlar soni.

Tayanchlardan ajratilgan sistemalar uchun (2.10 – rasm).

$V = W - 3 = 2Y - C - 3$  geometrik o'zgaraslik sharti  $V = 0$  bo'ladi yoki  $2Y - C = 3$  bu yerdan

$$C = 2Y - 3$$

Agar  $C < 2Y - 3$  bo'lsa sistema geometrik o'zgaruvchan bo'ladi (2.11a – rasm).



2.11 — rasm

$C \geq 2Y-3$  sharti zaruriy bo'lsa ham, lekin yetarli emasdir (2.11 b, v – rasmlar).

### Mustaqil ishlash va nazorat savollari:

1. Qanday sistema geometrik o'zgaras deyiladi?
2. Qanday sistema geometrik o'zgaruvchi deyiladi?
3. Tekis sterjenli sistemalarning erkinlik darajasi deb nimaga aytiladi?
4. «Disk» deganda nimani tushunasiz?
5. Kinematik bog'lanishlarning vazifasi nima?
6. Oniy o'zgaruvchi sistema deb, qanday sistemaga aytamiz?
7. Tayanchlarning kinematik va statik xususiyatlari qanday?
8. Oddiy tsilindrlik sharnir nima degani va u nechta kinematik bog'lanishga teng kuchli?
9. Karrali (murakkab) sharnir qanday sharnir? Oddiy sharnirlar soni orqali karrali sharnirlar qanday aniqlanadi?
10. Turli sistemalarning erkinlik darajasini aniqlash formularini yozing.
11. Sistemaning erkinlik darajasiga bog'lik uchta mumkin bo'lgan holatni ayting.
12. Inshootlar oniy o'zgaruvchanligining statik belgilarini ayting.

### 4-mavzu. Oddiy va konsol balkalarda zo'riqlashlarning ta'sir chiziqlari

#### Reja:

1. Harakatlanuvchi yuklar va ta'sir chiziqlari haqida tushuncha.
2. Tayanch reaksiyalarning ta'sir chizig'i.
3. Oddiy va konsol balkalarning biror kesimi uchun ichki zo'riqlashlarning ta'sir chizigini chizish.
4. Ta'sir chiziqlari yordamida zo'riqlashlarni aniqlash

#### Tayanch so'z va iboralar:

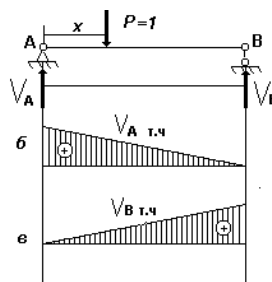
*Harakatlanuvchi yuklar, harakatlanuvchi birlik kuch, ta'sir chizig'i, reaksiyaning ta'sir chizig'i, eguvchi moment va kesuvchi kuchlarning ta'sir chiziqlari, statik usul,  $R=1$  kuchining xolatlar, oddiy balkalarda ta'sir chiziqlarini qurish, konsolli balkalarda ta'sir chiziqlari, harakatlanuvchi to'plama kuchlar, chiziqli taralgan kuchlar, juft kuchlar ta'siri, zo'riqlashlarni aniqlash formulalari, yuklarni tugunlar orqali ta'siri, asosiy balka, ko'ndalang va bo'ylama, yordamchi balkalar, tugun orqali uzatilish holati,  $R=1$  kuchi asosiy balka tugunida,  $R=1$  bo'ylama yordamchi balkada,  $R_A$  va  $R_B$  reaksiyalar,  $M_C$  va  $Q_C$  zo'riqlashlar ta'siri chiziqlari*

Harakatlanuvchi kuchlar sistemasi qo'yilgan balkalarni hisoblash uchun ularni avval birlik ko'chma kuch ( $P=1$ ) ta'siriga hisoblash kerak. Balkaning tayanch reaksiyalari, eguvchi moment va ko'ndalang kuchlarning miqdorlari uning ustida harakatlanuvchi birlik kuchning vaziyatiga bog'liq (2.1-rasm):

$$A = f_1(x); \quad B = f_1(x); \quad M = f_3(x); \quad \text{va} \quad Q = f_2(x); \quad (2.1')$$

Ta'sir chizig'ini qurish uchun birlik kuch ( $P=1$ ) balka ustidagi ma'lum nuqtalarga ketma-ket qo'yilib, bizni qiziqtirayotgan miqdorning o'zgarish qonunini ifodalovchi funktsiya (2.1) aniqlanadi. So'ngra bu funktsiyaning grafigi chiziladi.

**Oddiy balka tayanch reaksiyalarining ta'sir chizig'i.** Chap tayanch reaksiyasining ta'sir chizig'ini qurish uchun balka ustida harakatlanuvchi birlik yukni ( $P=1$ ) chap tayanchdan  $x$  masofada joylashtiramiz va statikaning muvozanat tenglamasini yozamiz (2.1-rasm):



2.1-rasm

$$\sum M_B = 0, A l - P(1-x) = 0.$$

Bundan,

$$A = P \frac{l-x}{l} \quad \text{yoki} \quad A = \frac{l-x}{l} \quad (2.2)$$

(2.2) ifoda tayanch reaksiyasi  $A$  ning ta'sir chizig'i tenglamasidir. O'zgaruvchan absissa  $x$  birinchi darajali bo'lgani uchun (2.2) ifoda to'g'ri chiziq tenglamasi bo'ladi.

Tayanch reaksiyasi  $A$  ning ta'sir chizig'ini chizish uchun (2.2) tenglamadagi absissa  $x$  ga  $0 \leq x \leq 1$  oraliqda qiymatlar beramiz ( $P=1$ ) yuk chap va o'ng tayanchlar orasida harakatlanadi).  $x=0$  da  $A=1$  va  $x=1$  bo'lganda  $A=0$  bo'ladi.

Koordinatalar sistemasida  $A$  tayanchning tagiga biror masshtabda birga teng bo'lgan ordinatani  $x=0$  da  $A=1$ ,  $B$  tayanchning tagiga esa nolga teng bo'lgan ordinatani  $x=1$  da  $A=0$  qo'yib, hosil bo'lgan nuqtalarni to'g'ri chiziq bilan birlashtiramiz (2.2-rasm, b). Bu grafik reaksiya  $A$  ning ta'sir chizig'i bo'ladi. Uni qisqacha  $A$  t.ch. deb belgilaymiz

$A$  ta'sir chizig'ining har bir ordinatasi harakatlanuvchi birlik kuch shu ordinataga to'g'ri kelgan kesim ustida turgan vaziyatida hosil bo'lgan  $A$  tayanch reaksiyasining qabul qilingan masshtabdagi miqdorini ifodalaydi.

O'ng tayanch reaksiya  $B$  ning ta'sir chizig'ini quramiz. Birlik yuk ( $P=1$ ) ni chap tayanchdan  $x$  masofada balka ustida turgan vaziyati uchun statikaning  $\sum M_A = 0$  muvozanat tenglamasini yozamiz (2.1-rasm):

$$-B l + P x = 0, \quad \text{bundan} \quad B = \frac{x}{l}. \quad (2.3)$$

(2.3) tenglik  $B$  tayanch reaksiyasining ta'sir chizig'i tenglamasidir, bunda  $0 \leq x \leq 1$   $x=0$  da  $B=0$   $x=1$  da esa  $B=1$  bo'ladi.

$B$  tayanch reaksiyasining ta'sir chizig'ini chizish uchun koordinatalar sistemasida o'ng tayanch ostiga birga teng bo'lgan ordinatani, chap tayanch tagida esa nollik ordinatani qo'yib nuqtalarni to'g'ri chiziq bilan birlashtiramiz. Bu grafik (2.2-rasm, v)  $B$  reaksiyaning ta'sir chizig'i ( $V$  t.ch.) bo'ladi.

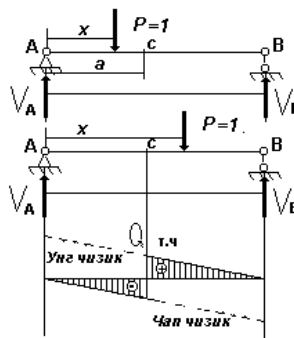
(2.2) va (2.3) ifodalarga ko'ra,  $A$  va  $B$  tayanch reaksiya ta'sir chiziqlarining ordinalari musbat ishorali bo'lib, o'lchamsiz miqdordir.

**Ko'ndalang kuchning ta'sir chizig'i.** Balkaning berilgan kesimi  $C$  dagi ko'ndalang kuch  $Q_c$  ning ta'sir chizig'ini qurish uchun birlik kuch ( $P=1$ ) ning ikki vaziyatini tekshirish kerak (2.2-rasm).

*Birinchi vaziyat.* Birlik ko'chma kuch ( $P=1$ )  $C$  kesimdan chap tomonda harakat qiladi, ya'ni  $0 \leq x \leq a$ . Balka o'ng tomoning muvozanatini ko'rib  $Q_c^{uan}$  ni aniqlaymiz:

$$\sum Y = 0, \quad \text{bundan} \quad Q_c^{uan} = -B = -\frac{x}{l}. \quad (2.4)$$

*Ikkinchi vaziyat.* Birlik ko'chma kuch  $C$  kesimdan o'ng tomonda harakat qilsin. Unda  $0 \leq x \leq 1$  (2.2-rasm). Balka chap qismining muvozanatini tekshiramiz:  $Q_c^{uan} = -A = -\frac{x}{l}. \quad (2.4')$



2.2 - rasm



(2.4) ga asosan,  $Q_c^{uan}$  chap chiziqli ordinatalari chap tayanchdan  $C$  kesimgacha balkaning  $B$  tayanch reaksiyasi ta'sir chizig'ining teskari ishora bilan olingan ordinatalari qiymatiga va (2.4') ga asosan,  $Q_c^{ynz}$  chiziqli esa  $C$  kesimdan balkaning oxirigacha  $A$  reaksiyaning ta'sir chizig'iga mos keladi.  $Q_c$  ning ta'sir chizig'ini chizish uchun chap tayanch ostiga biror masshtabda musbat birlik ordinata qo'yib, uni o'ng tayanch tagidagi nollik ordinata bilan tutashtiramiz (bu o'ng chiziqli deb ataladi), so'ngra o'ng tayanch ostiga manfiy birlik ordinata ko'yib, uni chap tayanch tagidagi nollik ordinata bilan tutashtiramiz (bu o'ng chiziqli deb ataladi), so'ngra o'ng tayanch ostiga manfiy birlik ordinata qo'yib, uni chap tayanch tagidagi nollik ordinata bilan tutashtiramiz (chap chiziqli).

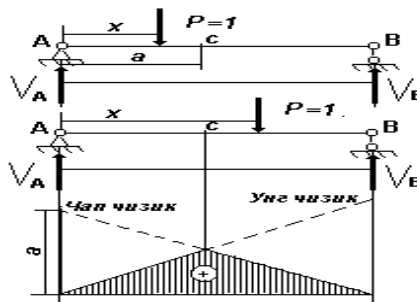
O'ng va chap chiziqlar bir-biriga parallel bo'ladi. Chap chiziqli balkaning chap tayanchidan  $C$  kesimgacha, o'ng chiziqli esa  $C$  kesimdan o'ng tayanchgacha  $Q_c$  ning o'zgarishini ifodalaydi (2.2-rasmdagi shtrix chiziqli). Ko'ndalang kuch ta'sir chiziqlarining ordinatalari yuqorida keltirilgan tenglamalarga asosan o'lchamsiz miqdordir.

**Eguvchi momentning ta'sir chizig'i.** Balkaning  $C$  kesimida hosil bo'ladigan eguvchi moment ta'sir chizig'ini qurish uchun ham birlik kuchning ikki holatini tekshiramiz (2.3-rasm).

*Birinchi holat.* ( $P=1$ ) kuch  $C$  kesimning chap tomonida harakatlanadi. ( $0 \leq x \leq a$ )  $a$  deb faraz qilib (2.3-rasm),  $M_c^{uan}$  eguvchi moment tenglamasini balkaning o'ng tomoni muvozanatiga asosan yozamiz:

$$M_c^{uan} = B(1-a) = x/1 \quad (2.5)$$

Bu tenglama  $P=1$  yuk chap tayanchdan kesimgacha harakatlanganda  $M_c$  eguvchi moment qiymatining o'zgarishini ifodalaydi. Uning grafigini (chap chiziqli deb ataladi) chizish uchun, o'ng tayanch ostiga  $1-a$  o'zgarish songa teng ordinata qo'yib,  $A$  tayanch ostidagi nollik ordinata bilan birlashtiramiz.



2.3 - rasm

*Ikkinchi holat*  $P=1$  ko'chma kuch  $C$  kesimning o'ng tomonida (2.3-rasm, b) harakat qiladi ( $a \leq x \leq 1$ ) deb,  $M_c^{ynz}$  ni aniqlaymiz. Balka chap tomonining muvozanatini tekshiramiz, bunda:

$$M_c^{ynz} = A \cdot a = (1-x/1) \cdot a \quad (2.5')$$

Demak,  $M_c^{ynz}$  chiziqli bu chegarada  $A$  reaksiyaning ta'sir chizig'i ordinatalarini  $a$  o'zgarish so'ngra ko'paytirib chizilganiga to'g'ri keladi. Bu chiziqli o'ng chiziqli deyiladi (2.3-rasm).

Chap chiziqli bilan o'ng chiziqli  $C$  kesim tagida kesishadi, chunki  $X=a$  ni (2.5) va (2.5') ifodalarga qo'ysak  $M_c^{uan}$  va  $M_c^{ynz}$  ordinatalarning tengligini ko'ramiz.  $M_c$  ta'sir chizig'ining ordinatasi  $P=1$  ko'chma yuk shu ordinata ustida turganida  $C$  kesimda hosil bo'lgan eguvchi momentning miqdorini qabul qilingan masshtabda ifodalaydi. (2.5) va (2.5') formulalarga asosan, bu ordinataning o'lchov birligi metr bo'ladi.

Ikki konsolli balka uchun ta'sir chizig'ini qurish. Ikki konsolli balka uchun tayanch reaksiyalari va uning biror kesimidagi  $Q_c$  hamda  $M_c$  ning ta'sir chiziqlarini chizishda oddiybalka uchun olingan formulalardan foydalaniladi. Masalan, balka chap tayanch reaksiyasi  $A$  ning ta'sir chizig'ini chizish uchun birlik yukni  $A$  tayanchdan o'ng tomonda  $x$  masofada joylashtiramiz (2.4

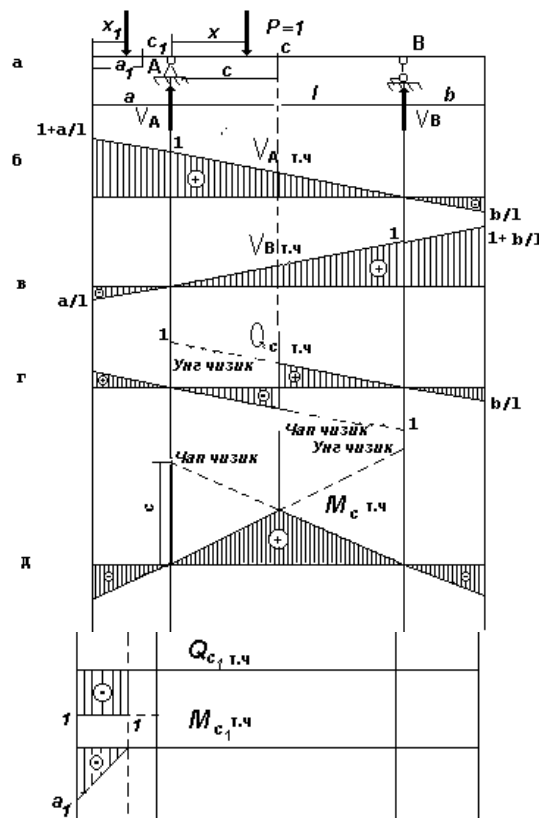
- rasm,a).  $\sum M_B = 0$  tenglamadan  $A = 1 - x/l$  ni hosil qilamiz. Demak, bu ifodadagi abssissa  $x$  ga  $-a \leq x \leq 1+b$  oraliqda qiymatlar beramiz:

$$x = 0 \text{ da } A = 1, \quad x = 1 \text{ da } A = 0, \quad x = 1+b \text{ da } A = -b/l \quad x = -a \text{ da}$$

$$A = \frac{l+a}{l} = 1 + \frac{a}{l}$$

Bu ordinatalar yordamida chizilgan  $A$  ning ta'sir chizig'i 2.4-rasm,b da ko'rsatilgan.  $B$  tayanch reaksiyasining ta'sir chizig'i ham (2.3) formuladan foydalanib chiziladi (2.5-rasm,v):

$$B = \frac{x}{l}$$



2.4 - rasm

Demak, konsolli balka tayanch reaksiyalarining ta'sir chiziqlari oddiybalka tayanch reaksiyalari ta'sir chiziqlar kabi chizilib, so'ngra ular konsolning uchlarigacha davom yettiriladi.

Konsolli balkaning oraliqida  $C$  kesimidagi  $Q_C$  va  $M_C$  larning ta'sir chizig'i oddiybalkalardagi ko'ndalang kuch va eguvchi momentning ta'sir chiziqlari kabi chizilib, so'ngra chap chiziqni chap tomondagi konsolning oxirigacha, o'ng chiziqni esa o'ng tomondagi konsolning oxirigacha davom yettiriladi (2.4 - rasm, g va d). Konsolli balkaning konsol qismidagi kesimi uchun ko'ndalang kuch va eguvchi momentning ta'sir chiziqlarini quramiz. Masalan, berilgan  $C_1$  kesim balkaning chap konsolida bo'lsin (2.4-rasm,a). Birlik yuk  $P=1$  bu kesimdan chap tomonda harakatlenganda ( $0 \leq x_1 < a$ ), konsol qismining muvozanatini ko'ramiz. Bunda  $Q_{C_1}^{uan} = -P = -1$  bo'ladi. Demak,  $Q_{C_1}^{uan}$  ning chap chizig'i konsol uchidan kesimgacha sanoq o'qiga parallel bo'ladi (2.4 - rasm, e).

Birlik yuk  $P=1$   $C_1$  kesimdan o'ng tomonda bo'lsin [ $a_1 \leq x \leq a$ ] Bunda ham konsol chap qismining muvozanatini ko'ramiz:  $Q_{C_1}^{yn2} = 0$  Demak o'ng chiziq nul bo'lib sanoq chizig'ining ustida yotadi (2.4- rasm, e)

$M_{C_1}$  ta'sir chizig'ini qurish uchun ham birlik yukning ikki holatini tekshiramiz. Birlik yuk  $C_1$  kesimdan chap tomonda harakat qiladi

( $0 \leq x_1 < a$ ), U holda  $M_C^{uan} = -P(a_1 - x_1)$  va  $x_1 = 0$  da  $M_{c_1}^{uan} = -a$  va  $x = a$  da  $M = 0$  bo'ladi. Chap chiziqni chizish uchun koordinatalar sistemasida  $x_1 = 0$  kesimdagi ordinata  $a_1$  ni masshtabda ko'yib,  $x = a$  kesimdagi nol ordinata bilan birlashtirish kerak (2.4- rasm,j). Birlik yuk  $C$  kesimdan o'ng tomonda bo'lganda esa  $M_{c_1}^{uan} = 0$  bo'ladi. Demak, o'ng chiziq nolinci bo'lib, sanok chizig'i ustida yotadi.  $M_{c_1}$  ta'sir chizig'ining chap o'ng chiziqlari  $C$  kesimning tagida kesishadi. Agar  $C_2$  kesim balkaning o'ng konsolida bo'lsa, u holda  $Q_{c_2}$  va  $M_{c_2}$  uchun ta'sir chiziqlari yuqoridagi kabi chiziladi.

### **Yuk tugunlar orqali uzatilganda ta'sir chiziqlarini chizish, ta'sir chizig'i yordamida zo'riqlashlarni aniqlash.**

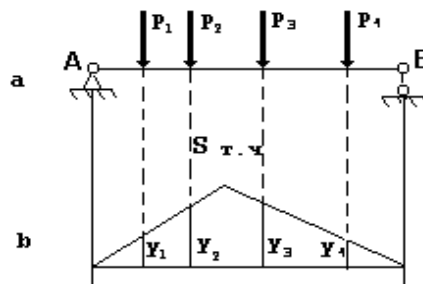
Qo'zg'almas yuklar qo'yilgan inshootning zo'riqlash, ya'ni eguvchi moment, ko'ndalang kuch va tayanch reaksiyalari miqdorini ta'sir chizig'i yordamida aniqlashni ko'ramiz. Masalan, vertikal qo'zg'almas yuklar ta'sirida bo'lgan inshootning biror  $S$  zo'riqlashi uchun ta'sir chizig'i qurilgan bo'lsin (2.5-rasm). Bu zo'riqlash ta'sir chizig'ining har bir  $y_i$  ordinatasida birlik yuk  $P = 1$  shu ordinata ustida bo'lganida  $S$  zo'riqlashning miqdorini ifodalaydi.

1. Inshootga to'plangan kuchlar sistemasi qo'yilgan bo'lsin. Agar  $S$  zo'riqlash ta'sir chizig'ining  $y_1$  ordinatasi ustiga biror  $P_1$  kuch qo'yilgan bo'lsa, u holda zo'riqlashning miqdori  $P_1 \cdot y_1$ ;  $P_2$  kuch ta'sirida esa  $S$  zo'riqlashning miqdori  $P_1 \cdot y_2$  bo'ladi; boshqa to'plangan kuchlardan ham zo'riqlashning miqdori shunga o'xshash aniqlanadi (2.5 - rasm).

Agar inshootga  $n$  ta to'plangan kuchlardan iborat yuklar sistemasi qo'yilgan bo'lsa, hosil bo'lgan to'la zo'riqlashning miqdori, kuchlar ta'sirining mustaqilligi prinsipiga asosan quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$S = P_1 y_1 + P_2 y_2 + \dots + P_n y_n = \sum P_i y_i \quad (2.6)$$

bunda  $y_i$  – ta'sir chizig'idan  $P_i$  kuch ostida olingan ordinata.



2.5 - rasm

(2.6) formulada ordinatalar  $S_3$  ishoralari bilan olinadi.

Tashqi kuchlar sistemasi ta'sirida inshoot zo'riqlashlarining miqdorini (2.6) formulaga asosan aniqlashda, uning ta'sir chizig'ining har bir to'g'ri chiziqli uchastkasiga to'g'ri kelgan tashqi kuchlarni ularning teng ta'sir etuvchisi orqali ifodalash mumkin. Masalan,  $S$  zo'riqlash ta'sir chizig'ining  $ab$  uchastkasida tashqi kuchlar sistemasi qo'yilgan bo'lsin (2.6 rasm). Bu kuchlar sistemasidan hosil bo'lgan  $S$  zo'riqlashning miqdorini (2.6) formulaga asosan hisoblaymiz:

$$S = P_1 y_1 + P_2 y_2 + \dots + P_n y_n$$

Bu yerdagi  $y_1, y_2, \dots, y_n$  ordinalarni rasmga ko'ra quyidagicha ifodalaymiz:

$$y_1 = x_1 \operatorname{tg} \alpha; \dots y_n = x_n \operatorname{tg} \alpha;$$

u holda

$$S = (P_1 x_1 + P_2 x_2 + \dots + P_n x_n) \operatorname{tg} \alpha$$

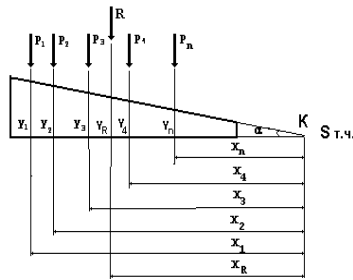
qavs ichidagi yig'indi  $K$  nuqtaga nisbatan kuchlar sistemasidan olingan momentlarning yig'indisini ifodalaydi. Kuchlar sistemasi momentlarning yig'indisini ularning teng ta'sir etuvchisi momenti orqali belgilaymiz; ya'ni:

$$S = x_R \operatorname{tg} \alpha;$$

bunda  $R$  kuchlar sistemasining teng ta'sir etuvchisi;  $x_R$  – teng ta'sir etuvchi kuchlardan  $K$  nuqtagacha bo'lgan masofa. 2.6 -rasmdan

$$y_R = x_R \operatorname{tg} \alpha; \quad (2.7)$$

ekanligini e'tiborga olsak  $S = R y_R$



2.6 -rasm

(2.7) formulada  $y_R$  - teng ta'sir etuvchi  $R$  ga mos kelgan ordinata (2.6-rasm). Demak, to'g'ri chiziqli uchastkaga qo'yilgan kuchlar sistemasini ularning teng ta'sir etuvchisi  $R$  orqali almashtirish yo'li bilan hisoblanayotgan zo'riqish miqdorini (2.7) formulaga asosan aniqlash mumkin.

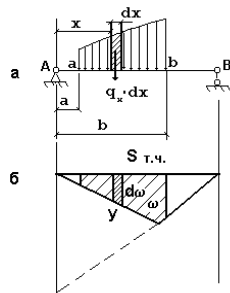
2. Inshootga taralgan yuk  $q(x)$  ko'yilgan bo'lsin.  $S$  zo'riqishning to'la miqdorini aniqlash uchun taralgan yuk uzunligini elementar bo'lakchalarga bo'lamiz (2.7-rasm). Biror elementar bo'lak  $dx$  ga mos kelgan taralgan yukni elementar to'plangan kuch  $q(x) \cdot dx$  orqali ifodalaymiz. U holda bu elementar kuchdan hosil bo'lgan elementar zo'riqish (2.6) formulaga asosan aniqlanadi.

$$dS = q(x) dx y = q(x) d\omega$$

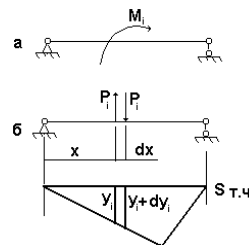
bunda  $d\omega = y dx = S$  ta'sir chizig'idagi  $dx$  oraliqqa mos kelgan elementar yuza.

Hamma taralgan yukdan hosil bo'lgan zo'riqish miqdorini aniqlash uchun (a) ifodani integrallaymiz.

$$S = \int_{\epsilon}^{\omega_0} q(x) d\omega$$



2.7 -rasm



2.8- rasm

Agar inshootga tekis taralgan yuk qo'yilgan bo'lsa, ya'ni  $q(x) = q = \text{const}$  da (2.8) formula soddalashadi

$$S = q\omega, \quad (2.9)$$

bu yerda  $q$  – taralgan yuk intensivligi,  $\omega$  – tekis taralgan yuk qo'yilgan oraliqqa mos keluvchi ta'sir chizig'idan olingan yuza (2.7- rasm,b).

Agar inshootga har xil intensivlikdagi bir necha tekis taralgan yuk qo'yilgan bo'lsa, u holda kuchlar ta'sirining mustaqillik 'rinsi'iga asosan  $S$  zo'riqishni (2.9) ifodadan foydalanib quyidagicha aniqlash mumkin:

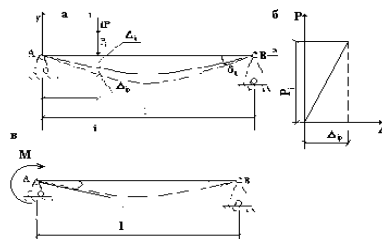
$$S = \sum_{i=1}^n q_i \omega_i \quad (2.9')$$

bu yerda  $n$  – har xil intensivlikdagi tekis taralgan yuklar soni.

3. Inshootga juft kuchlar qo'yilgan bo'lsin, momenti  $M$  bo'lgan juft kuchlar qo'yilgan inshootning biror zo'riqishi uchun ta'sir chizig'i chizilgan (2.8-rasm). Momentdan hosil bo'lgan

$S$  zo'riqishning miqdorini uning ta'sir chizig'i yordamida aniqlash uchun momentni juft kuchlar bilan almashtiramiz (2.9 - rasm,b):

$$M_i = P_i dx \quad \text{yoki} \quad P_i = \frac{M_i}{dx}$$

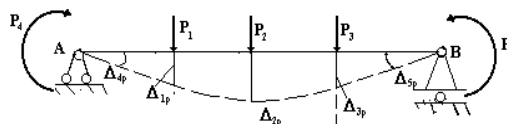


5.3.- rasm.

Bunda  $\varphi$  -juft kuch qo'yilgan ko'ndalang qismining burilish burchagi.

Ish tushunchasini umumlashtirish uchun elastik sistemaga qo'yilgan har kandy faktorlarini ( $P, M$  va xokazo) umumlashtirilgan kuch deb qaraymiz. Elastik sistemaning deformasiyalangan holatini to'la aniqlaydigan va o'zaro bog'liq bo'lmagan ko'chishlar umumlashtirilgan ko'chishlar deb ataladi.

Umumlashtirilgan ko'chishlar umumlashtirilgan ko'chishlarga mos bo'lishi kerak, ya'ni ularning ku'aytmasining yarmi umumlashtirilgan kuch bajargan ishni berishi lozim. SHunga ko'ra umumlashtirilgan kuch  $P_i$  ga umumlashtirilgan koordinata  $\Delta_{ip}$  va umumlashtirilgan juft kuch momenti  $M_i$  qo'yilgan bo'lsa, unga mos kelgan umumlashtirilgan koordinata bo'ladi. Bundan keyin umumlashtirilgan kuchlarni  $P_i$  umulashtirilgan koordinatalarni  $\Delta_{ip}$  deb belgilaymiz.



5.4 -rasm.

To'plangan kuchlar  $P_i$  dan hosil bo'lgan zo'riqishni (2.6) formulaga asosan aniqlaymiz:

$$S = P_i(y_i + dy_i) - P_i y_i = P_i dy_i$$

Bu formuladagi  $P_i$  kuchni moment orqali ifodalasak:

$$\text{[Redacted]} = M_i \operatorname{tg} \alpha_i, \quad (2.10)$$

bunda  $y_i$  - moment qo'yilgan nuqtada ta'sir chizig'iga o'tkazilgan urinmaning abssissa o'qi bilan hosil qilgan burchagining tangensi.

Agar inshootga to'plangan kuch, tekis taralgan yuk va momentlar qo'yilgan bo'lsa, unda hosil bo'lgan zo'riqishlar miqdori ta'sir chizig'i yordamida (2.6), (2.9) va (2.10) formulalarga asosan umumiy holda quyidagicha aniqlanadi:

$$S = \sum P_i y_i = \sum q_i \omega_i = \sum M_i \operatorname{tg} \varphi \quad (2.11)$$

Bu formuladan foydalanishda quyidagi ishoralar qoidasiga rioya qilish kerak:

1. Agar to'plangan kuch  $P_i$  va taralgan yuk pastga yo'nalgan bo'lsa, ular musbat olinadi.
2. Moment  $M_i$  ning yo'nalishi soat strelkasining yo'nalishiga mos kelsa, uni musbat deb qabul qilinadi.
3. Ordinata  $y_i$  va yuza  $\omega_i$  ning ishorasi ta'sir chizig'i ishorasi bo'yicha olinadi.
4. Agar birlik yuk ( $P=1$ ) tekshirilayotgan uchastkada chapdan ungga harakat qilganida ta'sir chizig'ining ordinatasi ortib borsa,  $\operatorname{tg} \varphi_i = y_i$  musbat deb qabul kilinadi, aks holda  $y_i$  manfiy bo'ladi.

#### Mustaqil ishlash va nazorat savollari:

1. Harakatlanuvchi yuklarga hisoblashda qanday masala qo'yiladi?
2. Ta'sir chiziqlari nima degani?

3. Ta'sir chiziqlari bilan epyura orasida qanday orasi bor?
4. Ta'sir chiziqlarini qurishda qaysi usullar qo'llanadi?
5. Ta'sir chiziqlarini statik usulda qanday quriladi?
6. Ta'sir chiziqlarda chap o'ng to'g'ri chiziqlari qanday chiziqlar?
7. Ko'p oraliqlik sharnirli balkalarda ta'sir chiziqlari qurish qoidasini ayting?
8. Ta'sir chiziqlari yordamida zo'riqishlar qanday tartibda aniqlanadi?
9. Yuklarni tugun orqali qanday uzatiladi?
10. Yuklar tugunlar orkali uzatilganda ta'sir chiziqlari qanday quriladi?

## 5-mavzu. Ko'p oraliqli statik aniq balkalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash

### Reja:

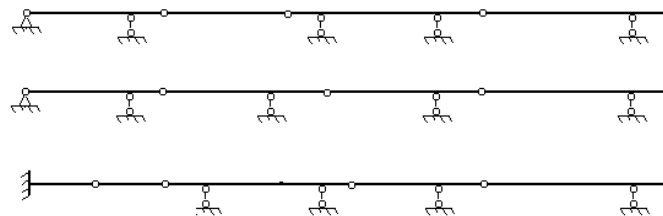
1. Ko'p oraliqli statik aniq balkalar uchun qavatlararo sxemalarini chizish.
2. Ko'p oraliqli balkalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash.

### Tayanch so'z va iboralar:

*Ko'p oraliqli to'sin (balka)lar, ko'p oraliqli sharnirli balka, geometrik o'zgarmas, geometrik o'zgaruvchi, o'zaro ta'sir sxemasi, sharnirlarni joylashtirish qoidalari, asosiy balka, osma balka, tayanch reaksiyalari, osma balkaning asosiy balkaga ta'siri, eguvchi moment va kesuvchi kuch epyuralari*

Bir necha oddiy balkalarni bir-biriga sharnirlar yordamida tutashtirib, ko'p prolyotli statik aniq va geometrik o'zgarmas sistema hosil qilish mumkin. Bunday balkalar ko'p prolyotli statik aniq balkalar deyiladi. qurilish praktikasida, asosan (2.14-rasm), a, b va v da ko'rsatilgan balkalar ko'p uchraydi.

Ko'p prolyotli statik aniq balkalarni hisoblash nazariyasi injener G.Semikolenov tomonidan 1871 yilda tavsiya etilgan. Ko'p prolyotli balka statik aniq sistema hisoblanadi, chunki muvozanat tenglamalaridan tashqari unda qancha oraliq sharnirlar bo'lsa, shuncha qo'shimcha tenglamalar tuzish mumkin bu tenglamalar balkaning oraliq sharniri markazdan o'ng yoki chap tomonda unga qo'yilgan hamma kuchlarning



2.14 - rasm

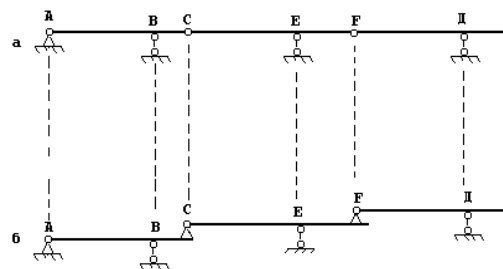
momentlar yig'indisi 0 ga tenglik shartiga asosan tuziladi.

Ko'p prolyotli statik aniq balkaning geometrik o'zgarmas ekanligini bilish hamda ishini tekshirish uchun uning elementlarining o'zaro bog'lanishi va ta'sirini ifodalovchi sxema chizish kerak. Masalan, 2.15 rasm, a da ko'rsatilgan balka elementlarining o'zaro bog'lanish sxemasi 2.15 rasm, b da ifodalangan. Undagi ABC konsulli balka fundament bilan bir-biriga paralel bo'lmagan va bir nuqtada kesishmagan 3 ta tayanch sterjen yordamida bog'langanligi sababli geometrik o'zgarmasdir. Balka CEF fundament bilan bitta tayanch sterjen bilan geometrik o'zgarmas ABC balka bilan sharnir vositasida bog'langanligi sababli bu element ham geometrik o'zgarmasdir. SHunga o'xshash FD balka geometrik o'zgarmas. ABC balka asosiy balka deyiladi. Asosiy balka sharnir yordamida tayangan CEF va FD balkalar osma balkalar deyiladi. 2.16 rasmda turli tipdagi ko'p prolyotli balka elementlarining o'zaro bog'lanish o'zaro bog'lanish sxemalari ko'rsatilgan.

2.16 rasm, a da ko'rsatilgan 1 tip ko'p prolyotli balka 2 konsulli asosiy balkalar va ularning uchiga tayangan osma balkalardan iborat. Bu tipdagi balkalarning sharnirsiz prolyotidan keyin prolyotida 2 ta sharnir joylashgan bo'ladi. Bu yerda ABC va DEFL elementlar asosiy balkalar, CD va LK elementlar esa osma balkalar bo'ladi. Ikkinchi tip ko'p prolyotli balka bir-biriga sharnir yordamida tayangan konsulli balkalardan iborat. Bu tip balkaning birinchi prolyoti sharnirsiz, qolgan hamma prolyotlarida esa bittadan sharnir bo'ladi (2.16 rasm, v va g ). 3 chi tip ko'p

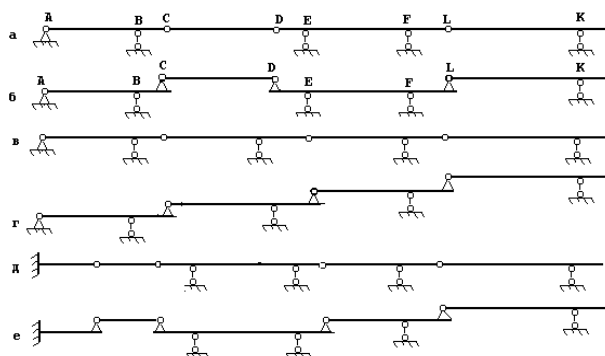
prolyotli balka elementlarining o'zaro bog'lanishi va ta'sir etish sxemasi 2.16 rasm, d va e da ko'rsatilgan.

Agar ko'p prolyotli balkada sharnirli soni to'g'ri olingan bo'lib, ularning joylanishlari yuqorida ko'rsatilgan tartibda bo'lmasa, u holda uning bir qismi statik aniqmas, 2 chi qismi esa geometrik

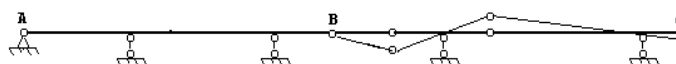


2.15-rasm

o'zgaruvchan bo'lishi mumkin. Masalan 2.17-rasmda ko'rsatilgan balkaning AV qismi statik aniqmas, VS qismi esa geometrik o'zgaruvchandir, chunki bu kesimning nuqtalari punktir chiziqlar bilan ko'rsatilgandek erkin ko'chishi mumkin.



2.16-rasm



2.17- rasm

### Qo'zg'almas yuk ta'siridagi ko'p prolyotli statik aniq balkalarini hisoblash

Ko'p prolyotli sharnirli balkada tashqi yuk ta'sirida hosil bo'ladigan eguvchi moment va ko'ndalang kuch epyuralarini qurishdan avval balka elementlarining o'zaro bog'lanish sxemasining chizib, asosiy va osma balkalar belgilab olinadi. Eguvchi moment va ko'ndalang kuch epyuralarini qurish osma balkalardan boshlanadi. Asosiy balkalar uchun eguvchi moment va ko'ndalang kuch epyuralarini chizishda unga quyilgan tashqi yuklar qatorida, uning uchlariga tayangan osma balkalarning tayanch reaksiyalari hamma hisobga olinadi. Asosiy va osma balkalarning eguvchi moment va ko'ndalang kuch epyuralari chizilgandan so'ng ular bir koordinatlar sistemasiga keltirilib, ko'p prolyotli balkaning  $M(x)$  va  $Q(x)$  epyuralari olinadi.

### Mustaqil ishlash va nazorat savollari:

1. Qanday balkalarga sharnir-konsolli ko'p oraliqli balka deyiladi?
2. Ko'p oraliqli sharnirli balkalarda sharnirlar bittalab qanday joylashtiriladi?
3. Ko'p oraliqli sharnirli balkalarda sharnirlar ikkitalab qanday joylashtiriladi?
4. SHunday balkalarda har bir prolyotga eng ko'p nechta sharnir joylashtirish mumkin?
5. Ko'p oraliqli sharnirli balkalar faqat statik aniq bo'ladimi yoki statik aniqmas ham bo'lishi mumkinmi?
6. Ko'p oraliqli sharnirli balkalarning o'zaro ta'sir sxemasi nima uchun quriladi?
7. Balkalarning o'zaro ta'sir sxemasini qurish tartibini tushuntiring?
8. Qanday balka osma va qanday balkalar asosiy balka deyiladi?
9. Osma balkaning asosiy balkaga ta'siri qanday hisobga olinadi?
10. Berilgan ko'p oraliqli sharnirli balka uchun yakuniy  $M$  va  $Q$  epyuralari qanday quriladi?

11. Ko'p oraliqli sharnirli ramalar qanday tartibda hisoblanadi?

**6-mavzu. Ko'p oraliqli statik aniq balkalarni harakatlanuvchi yuklar ta'siriga hisoblash**

**Reja:**

1. Ko'p oraliqli balkalarni ta'sir chiziqlari orqali hisoblash.
2. Harakatlanuvchi yuklarning noqulay vaziyatini aniqlash.

Tayanch so'z va iboralar:

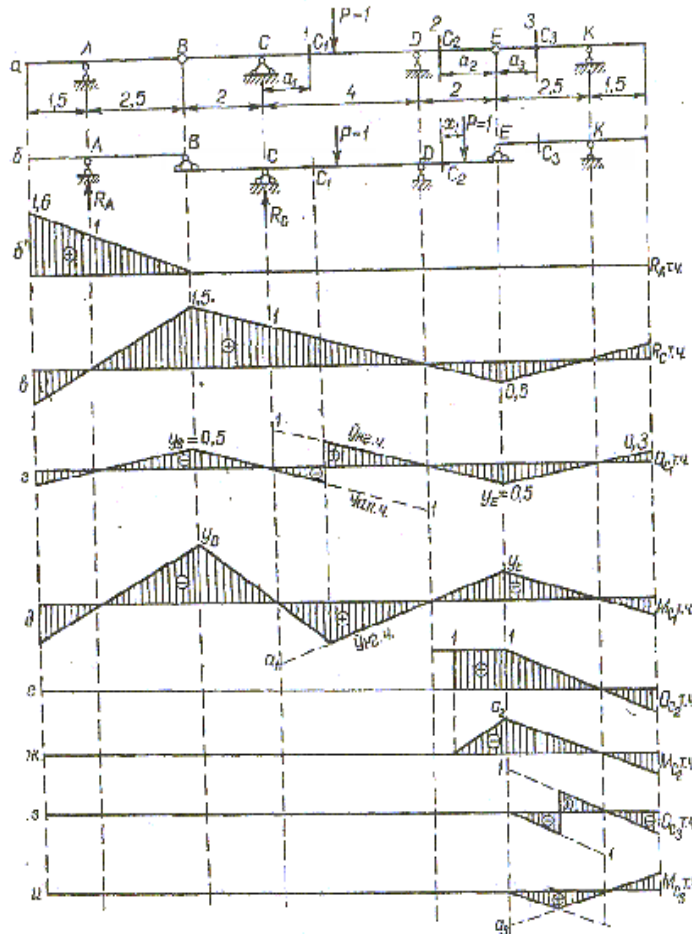
*O'zaro ta'sir sxemasi, asosiy balka, osma balka, birlik harakatlanuvchi kuch, ta'sir chizig'i, kesim asosiy balkada, kesim osma balkada, kesim konsolda, ta'sir chiziqlarining ordinatasi, uchburchaklar o'xshashligi, to'plama yuk, taralgan yuk, yuza, ta'sir chiziqlari ishoralari.*

Ko'p prolyotli balka zo'riqishlarining ta'sir chiziqlarini qurish birlik ko'chma yuk ( $R=1$ ) ta'siridagi oddiy va konsolli balkalarni hisoblash qoidalariga asoslangan. Ta'sir chizig'ini qurishdan oldin ko'p prolyotli balka elementlarning o'zaro bog'lanish sxemasi chizib olinadi.

Asosiy va osma (ikkinchi darajali) balkalar uchun ta'sir chizig'ini qurish konsolli yo'q oddiy balkalar uchun ta'sir chizig'ini qurishdan farq qilmaydi. Asosiy balka uchun ta'sir chizig'ini qurishda avval  $R=1$  ko'chma yukning shu asosiy balka ustida, so'ngra o'nga tayangan osma balkalar ustida harakatlanishi ko'rib chiqiladi. Bunda asosiy balkaga tayangan osma balkalarning ta'sirini ehtiborga olish uchun ta'sir chizig'ining ikki tugun orasidagi to'g'ri chiziq bo'yicha o'zgarish xossasidan foydalaniladi.

Osma balka zo'riqishlarining ta'sir chizig'ini chizishda ko'chma birlik yukning ( $R=1$ ) shu balka ustida harakat qilgan holati tekshiriladi, chunki  $R=1$  yuk asosiy balka ustiga o'tganida uning zo'riqishlari nolga teng bo'ladi.

Misol: Ko'p prolyotli balkaning  $R_A$ ,  $R_C$  tayanch reaksiyalari va rasmda ko'rsatilgan  $C_1$ ,  $C_2$  va  $C_3$  ko'ndalang kesimlari uchun  $Q_C$ ,  $M_C$  ta'sir chiziqlari chizilsin (5.1 a – rasm). Balka elementlarining o'zaro bog'lanish sxemasi 5.1b – rasmda ko'rsatilgan.



5.1-rasm



$R_A$  tayanch reaksiyasining ta'sir chizig'ini chizish. AB element osma balka bo'lgani sababli,  $R=1$  ko'chma yuk bu element ustida harakatlanganda A tayanchda reaksiya hosil bo'ladi. Demak,  $R_A$  ning ta'sir chizig'ini chizish bir konsolli balka uchun ta'sir chizig'ini chizishdan farq qilmaydi (5.1.b-rasm). BCDE element asosiy balka bo'lganligi uchun avval  $R=1$  ko'chma yukning shu ikki konsolli balka bo'ylab harakatlanishini ko'rib chikamiz va bu hol uchun  $R_C$  reaksiyasining ta'sir chizig'ini chizamiz, so'ngra  $R=1$  yukning ikkinchi darajali balkalar ustida harakatlanish holatini tekshiramiz.  $R=1$  yuk AB element bo'ylab B sharnirdan chap tomonga uzoqlashsa,  $R_C$  reaksiyasining qiymati kamayib boradi va u A tayanchning ustiga keladigan  $R_C$  reaksiyasining qiymati nolga teng bo'ladi.  $R=1$  ko'chma yuk AC osma balka bo'ylab harakatlansa, asosiy balkadagi zo'riqishlarning ta'sir chiziqlari to'g'ri chiziq bo'yicha o'zgarib boradi. Bu o'zgarish chap tomonidagi konsolning oxirigacha davom etadi (5.1 v – rasm).

$R=1$  ko'chma yuk ikkinchi EK osma balka bo'ylab o'ng tomonga harakatlanganda  $R_C$  reaksiyasining qiymati kamayib borib, yuk K tayanch ustida bo'lganda nolga teng bo'ladi. Demak, E sharnir bilan K tayanch orasidagi  $R_C$  reaksiyasining ta'sir chizig'i to'g'ri chiziq bo'ylab o'zgarishi sababli, bu kesimlar ostidagi ordinatalarni to'g'ri chiziq bilan birlashtirib uni konsol oxirigacha davom ettiramiz (5.1 v–rasm).

$Q_{C1}$  ta'sir chizig'ini qurish (5.1 g–rasm).  $C_1$  kesim asosiy balkaning ko'ndalang kesim bo'lganligi uchun, avval  $R=1$  yukning asosiy balka bo'ylab harakatlanishini tekshiramiz.  $R=1$  ko'chma yuk I – I kesimning chap tomonida bo'lganda  $Q_{C1}^{uan} = -RD$ ; o'ng tomonida bo'lganda esa  $Q_{C1}^{yhz} = -R_C$  bo'ladi. Bu chap va o'ng chiziqlarini chizamiz (5.1 ye – rasm). Endi  $R=1$  yukning EK osma balka bo'ylab harakatlanishini tekshiramiz.  $R=1$  yuk E sharnir ustida bo'lganda esa  $Q_{C1}^{yhz} = YE = 0,5$ ; K tayanch ustida bo'lganda esa  $Q_{C1}^{yhz} = 0$  bo'ladi. Bu ordinatalarni to'g'ri chiziq bilan birlashtirib, uni konsol oxirigacha davom ettiramiz.

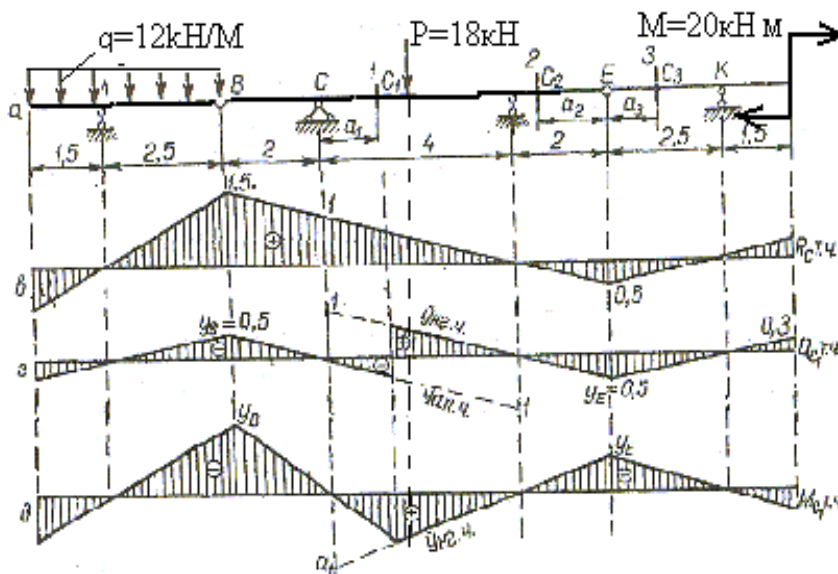
$R=1$  yuk AB osma balkaning B sharniri ustida bo'lganda  $Q_{C1}^{yhz} = YB = -0,5$ .

### Zo'riqishlarni hisoblash

Harakatlanuvchi yuklar ta'sirida bo'lgan ko'p oraliqli statik aniq balkalarni yuqoridagi oddiy balkalar uchun bayon etilgan usullardagi kabi hisoblanadi. Buning uchun dastlab zo'riqishlari aniqlanadigan kesimlar uchun ta'sir chiziqlari quriladi (5.1– rasm).

Misol tariqasida 5.1–rasmda berilgan balka uchun  $R_B$  reaksiyasini,  $M$  va  $Q$  zo'riqishlarni hisoblashni ko'raylik. Buning uchun ta'sir chiziqlari yordamida hisoblash formulasidan (1.6) foydalanamiz.

$$S = \sum P_i \cdot y_i + \sum q_i \cdot \varpi_i + \sum M_i \cdot tg \alpha_i :$$



$$R_c = P \cdot y + q(\varpi_2 - \varpi_1) + Mtg\alpha = 18 \cdot 0,5 + 12\left(\frac{1}{2} \cdot 1,5 \cdot 2,5 - \frac{1}{2} \cdot 0,9 \cdot 1,5\right) + 20 \cdot \frac{0,3}{1,5} =$$

$$= 9 + 144 + 4 = 27,4 \kappa H$$

$$Mc_1 = P \cdot y + q\varpi + M \cdot tg\alpha = 18 \cdot 0,6 + 12\left(\frac{1}{2} \cdot 0,94 \cdot 1,5 - \frac{1}{2} \cdot 1,4 \cdot 2,5\right) - 20 \cdot \frac{0,36}{1,5} =$$

$$= 10 + 12(0,06 - 1,75 + 4,8) = 2,16 \kappa H \cdot m$$

$$Qc_1 = P \cdot y + q\varpi + M \cdot tg\alpha = 18 \cdot 0,5 + 12\left(\frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 2,5 - \frac{1}{2} \cdot 0,3 \cdot 1,5\right) +$$

$$+ 20 \cdot \frac{0,3}{1,5} = 9 + 4,8 + 4 = 17,8 \kappa H$$

#### Mustaqil ishlash va nazorat savollari:

1. Ko'p oraliqli statik aniq balkalarda ta'sir chiziqlarini qurish nimadan boshlanadi?
2. Ko'p oraliqli balkalarda t. ch. lari dastlab qaysi balka uchun quriladi?
3. Siljuvchi kuch  $R=1$  ning qanday holatida osma balkada ta'sir chizig'i nolga teng bo'ladi?
4. Kesimning qanday holatida ta'sir chiziqlari balkaning butun uzunligi bo'yicha nolga teng bo'ladi?
5. Kesimning qanday holatida asosiy balkaning bir qismida ta'sir chiziqlari nolga teng bo'ladi?
6. Ta'sir chiziqlari ishoralari qanday aniqlanadi?
7. Ta'sir chiziqlari noma'lum ordinatalari qanday topiladi?
8. Ta'sir chiziqlari orqali zo'riqishlarni hisoblash formulasini yozing.
9. Tashqi yuklar ishoralari qanday olinadi?
10. Ta'sir chiziqlardan tashqi kuchlar uchun mos qiymatlar qanday hisoblanadi?

#### 7-8-mavzu. Statik aniq tekis fermalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash. Statik aniq tekis fermalarni harakatlanuvchi yuklar ta'siriga hisoblash

##### Reja:

1. Ferma sterjenlari uchun ta'sir chiziqlarini chizish.
2. Ta'sir chiziqlari orqali sterjenlardagi zo'riqish kuchlarini aniqlash
3. Fermalar haqida umumiy tushuncha.
4. Fermalarning turlari.
5. Statik aniq fermalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash.
6. Ferma sterjenlarining zo'riqish kuchlarini aniqlash

##### Tayanch so'z va iboralar:

*Ferma hisob sxemasi, panel, tasmalar, xovon, tashqi kontur shakli, panjaralarning shakli, tayanchlarga qo'yilishi, qurilishda foydalanish, xarakat chegarasi, zo'riqishlar, moment nuqtasi, proektsiya, tugun kesish, almashtirish, diagramma.*

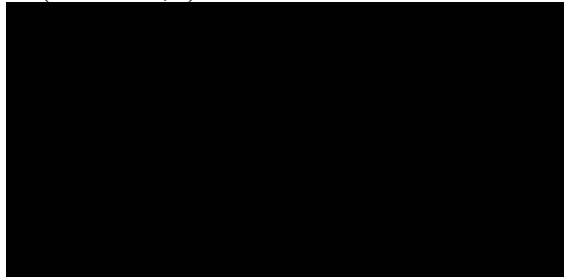
Sterjenlarni (elementlarni) sharnirlar vositasida geometrik o'zgarmas qilib tutashtirilishi-dan hosil bo'lgan sterjenlar sistemasi ferma deyiladi (3.1 rasm). Sterjenlarning uchlarini tutashtiruvchi sharnir tugun (uzel) deb ataladi.

Fermaga qo'yilgan tashqi kuchlar faqat tugunlar orqali ta'sir etadi deb faraz qilinadi. Bunda tugunlarga qo'yilgan tashqi kuchlardan fermaning sterjenlari faqat chizilish yoki siqilishga qarshilik ko'rsatadi, chunki sterjen uchlarini sharnir vositasida tutashtirilgan va u sharnir uqi atrofida erkin aylanishi mumkin. Bunday sharnirlar ideal sharnirlar deyiladi. Oddiy geometrik o'zgarmas fermalarning sterjenlari soni bilan tugunlar soni o'rtasida bog'lanishni topamiz. Yuqorida keltirilgan ta'rifga asosan, sistema geometrik o'zgarmas va statik aniq bo'lishi uchun uning erkinlik darajasi 0 ga bo'lishi kerak

$$W = 3D - 2SH - S_t = 0 \quad (3.1)$$

bunda D- disklar soni SH-oddiy sharnirlar soni,  $S_t$ -tayanch sterjenlar soni. Disklar soni ferma sterjenlarning soni m ga teng bo'ladi ( $D_q m$ ), har bir tugundagi oddiy sharnirlar soni esa, tugunda tutashgan sterjenlar sonidan bitta kam bo'ladi. quyida fermalarning geometrik

o'zgarmaslik va statik anqlik (3.1) shartini boshqa ko'rinishda ifodalaymiz. Uchburchaklik shaklidagi shartli geometrik o'zgarmas ABC birikmaga (3.2 rasm) bir to'g'ri chiziqlida yotmagan va uchlari sharnirli tugunda tutashgan ikki sterjenlar sistemasi ketma-ket ulansa, oddiy geometrik o'zgarmas ferma hosil bo'ladi. Chunki tekislikda ikkita erkinlik darajasiga ega bo'lgan sharnirli tugun (nuqta) geometrik o'zgarmas qismga ikkita sterjen (bog'lanish) bilan ulanmoqda, ya'ni qushilayotgan tugunlarning erkinlik darajalari yo'qotilmaqda. Fermaning tugunlari sonini  $t$  va sterjenlar sonini  $m$  deb belgilaymiz. Geometrik o'zgarmas fermani tuzish uchun 3 ta tugun va 3 ta sterjendan iborat bo'lgan uchburchaklik shakildagi fermaga  $t-3$  tugunni ulash lozim bo'lsin, u holda har bir tugun yuqorida aytilgandk, bir chiziqlida yotmagan 2 sterjen yordamida asosiy fermaga ulanadi (3.2rasm). Bunda hosil bo'lgan geometrik o'zgarmas ferma sterjenlarining soni  $m=3+2(t-3)$  yoki  $m=2t-3$  (3.2) bo'ladi. Agar  $m < 2t-3$  bo'lsa, u holda bu sistema geometrik o'zgaruvchan (3.3 rasm, a) va  $m > 2t-3$  bo'lganda esa, ferma geometrik o'zgarmas bo'lib, u ortiqcha sterjenlarga ega (3.3-rasm, v). Geometrik o'zgarmas va statik aniq fermani tuzish uchun  $m=2t-3$  shart bajarilishi zarur (3.3-rasm,b)



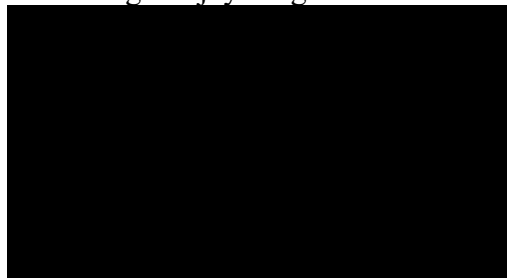
1.3 – rasm

Fermaning geometrik o'zgarmasligiga to'la ishonch hosil qilish uchun (3.2) shart bajarilishi bilan birga uning strukturasi va qanday tuzilganligini tekshirib ko'rish kerak. Masalan, 3.3 rasm, g da ko'rsatilgan ferma (3,2) shartni qanoatlantiradi.  $t = 8$ ,  $m=13$  Demak, bu ferma aslida (3.2) shartga ko'ra geometrik o'zgarmas bo'lishi kerak, chunki sterjenlar soni yetarli, lekin uning strukturasi tekshirsak, fermaning geometrik o'zgaruvchanligini ko'ramiz, bu yerda ikkinchi panel ortiqcha sterjenga ega bo'lib, uchinchi-panelda esa 1 ta sterjen yetishmaydi.

Ferma strukturasi geometrik o'zgarmasligi qo'yidagi usullar bilan analiz qilinadi:

1. Agar uchburchakli shakildagi sharnirli birikmaga har bir keyingi tugun bir to'g'ri chiziqlida yotmagan ikki sterjen yordamida ketma ket ulangan bo'lsa, hosil bo'lgan oddiy ferma geometrik o'zgarmasdir.

2. Murakkab fermalarning stukturasi bir necha disklarni bir biriga tutashtirish koyidalariga asosan tekshiriladi. Ferma konturining yuqorigi qismini tashqil etuvchi sterjenlar birikmasi yuqorigi belbog', uning pastki elementlari birikmasi 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 hovonlar deyiladi



### 3.4 rasm

Fermalarning ikki tuguni orasidagi gorizogntal oraliq panel deyiladi. panel oralig'i d bilan belgilanadi. Fermaning tayanchlari orasidagi masofa prolyot deb ataladi.

#### Fermalar klasifikatsiyasi

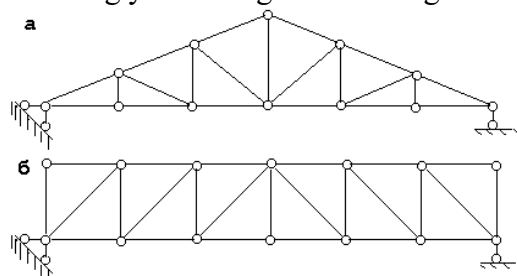
1.Fermalar tashqi konturining ko'rinishiga qarab uchburchakli shaklli (3.5 rasm, a ), parallel belbog'li (3.5 rasm, b) va poligonlar shaklli (3.5 rasm, v va g) bo'lishi mumkin. Uchburchaklik va poligonal fermalar asosan tomlarini yo'ishda ishlatiladi. parallel belbog'li va trapetsiya shaklli fermalar esa asosan Ko'prik, estakadalar va Ko'prik kranlar konstruksiyalarida ishlatiladi.

2. Fermalar panjaralarining tuzilishiga ko'ra quyidagi gruppalarga bo'linadi:

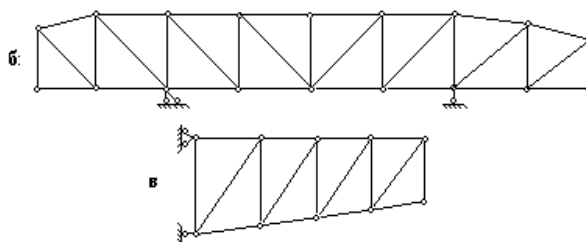
a) Oddiy uchburchakli panjarali fermalar (3.6 rasm, g );

g) Ko'p panjarali fermalar (3.6 rasm,d).

3.Fermalar tayanch reaksiyalarining yo'nalishiga va ularning



3.6 - rasm



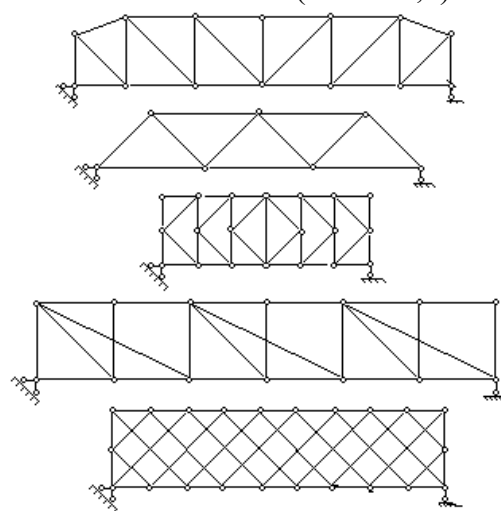
3.5-rasm

3. Joylanishiga ko'ra quyidagi tiplarga bo'linadi:

a) balkasimon fermalar (3.6 rasm, a va b); b) konsolli balkasimon fermalar (3.7 rasm, a, b);

v) konsolli fermalar (3.7 rasm, v).

4.Fermalar qurilish ishlarida foydalanishiga ko'ra quyidagi turlarga bo'linadi: a) katta prolyotli tomlarni yopish uchun ishlatiladigan fermalar (3.8 rasm, a); b) Ko'prik fermalari, bu fermalarda konstruksiyalarining talabiga ko'ra harakat ularning yuqorigi yoki pastki belbog'i bo'yicha bo'lishi mumkin(3.5 rasm, b); v) ko'taruvchi kran fermalari (3.8 rasm,b).



#### Eguvchi momentlar epyurasini qurish

Vertikal yo'nalgan tashqi kuchlar ta'siridagi uch sharnirli arka uchun eguvchi momentlar epyurasini quramiz (4.4-rasm,a). (4.4) formulaga asosan, uch sharnirli arkaning eguvchi moment epyurasi prolyoti shu arka prolyotiga teng bo'lgan oddiy balkaning eguvchi moment epyurasi bilan  $Nu(x)$  epyurasining ayirmasiga teng:

$$M(x) = M^0_k(x) - y(x). \quad (4.4')$$

Uch sharnirli arkaning eguvchi moment epyurasini qurishda shu ifodadan foydalanish mumkin. Buning uchun arkaga qo'yilgani kabi yuklar bilan yuklangan oddiy balkaning eguvchi momenti  $M^0(x)$  epyurasi bilan (4.4-rasm,v) arkaning har bir kesim og'irligi markazi ordinatisini keruvchi kuch  $N$  ga Ko'paytirib,  $Nu(x)$  epyurasini quramiz (4.4-rasm,g). (4.4') formulaga asosan, uch sharnirli arkaning har bir kesimidagi eguvchi moment ordinatasi qurilgan  $M^0(x)$  va  $Nu(x)$  epyuralardan olingan tegishli ordinalarning ayirmasiga teng bo'ladi (4.4- rasm,d). Masalan:

$$M_1 = M_1^0 - Hy_1; M_2 = M_2^0 - Hy_2; M_C = M_C^0 - Hy_C = 0 \quad \text{va hokazo.}$$

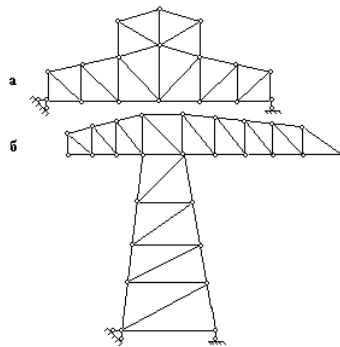
Bu usul bo'yicha qurilgan arkaning eguvchi moment epyurasi 4.4-rasm, d da shtrixlab ko'rsatilgan.

Arka eguvchi moment epyurasidagi siniq chiziq A-1-2-S-3-4-V arkaning bosim Ko'pburchagi deyiladi. Bosim Ko'pburchagining har bir tomoni (A-1,1-2,2-S,.....) arka ko'ndalang kesimidagi zo'riqishlar teng ta'sir etuvchisining yo'nalishini ko'rsatadi (4.5-rasm,a). Masalan, arkaning K kesimidan chap yoki o'ng tomonga joylashgan kuchlarning teng ta'sir etuvchisi  $R_{1-2}$  bo'ladi. Uni  $N_k$  va  $Q_k$  tuzuvchilarga ajratib, kesim og'irlik markaziga ko'chiramiz (4.5 rasm,b). U holda eguvchi moment  $M_k$  ning miqdori quyidagicha bo'ladi:

$$M_k = N_k e_k$$

bunda  $e_k$  - bo'ylama kuchning ekstsentsriteti.

Agar teng ta'sir etuvchi  $R_k$  arka o'qidan yuqoridan o'tsa, arkaning pastki tolalari cho'zilgan bo'ladi, u holda eguvchi moment musbat hisoblanadi, agar pastda o'tsa  $M_k$  manfiy bo'ladi. Uch sharnirli arka taralgan yuklar ta'sirida bo'lganda, uning bosim Ko'pburchagi o'rniga egri chiziq hosil bo'ladi. Bu egri chiziq bosim egri chizig'i deyiladi. Bosim egri chizig'i arkaning zo'riqish holatini aniq ko'rsatib beradi va u arka o'qiga qanchalik yaqinlashsa, uning ko'ndalang kesimlaridagi eguvchi moment miqdori uncha kamayib boradi.



### Qo'zg'almas yuklar ta'siridagi fermalarni hisoblash.

Fermalarni hisoblash, ya'ni ularning sterjenlarida tashqi yuk tasiridan hosil 3.8-rasm bo'ladigan zo'riqishlarni topish uchun odatda muvozanat teglamalaridan foydalanib, ularning tayanch reaksiyalari aniqlanadi.

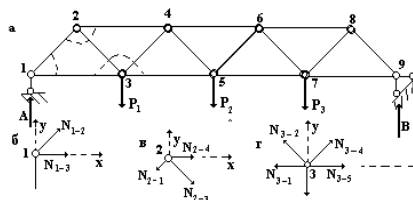
Ferma sterjenlaridagi zo'riqishlar asosan quydagi usullar bilan aniqlanadi:

1.Ferma tugunlarini ajratish; 2. Fermani kesish; 3.Sterjenlarni almashtirish; 4.Grafik usul (Maksvel-Kremona diagrammasi);

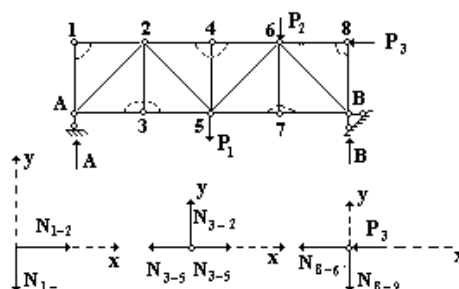
Har bir usulni alohida-alohida ko'rib chiqamiz.

1.Tugunlarni ajratish usuli.Tashqi kuchlar va tayanch reaksiyalari ta'sirida muvozanatda bo'lgan fermadan (3.9-rasm, a) ketma- ket kesib ajratib olingan tugunlari bir nuqtada kesishuvchi zo'riqish kuchlar sistemasi bor. Bu holda sterjenlardagi zo'riqishlarni to'ish uchun istalgan tugunga oid ikkita muvozanat tenglamasini tuzish mumkin:

$$\sum X=0; \quad \sum Y=0;$$



3.9 - rasm



3.10 - rasm

Bu tenglamalarni tuzish faqat ikkita sterjen tutashgan tugundan boshlanib, undagi noma'lum zo'riqishlar to'iladi. So'ngra noma'lum zo'riqishlari ikkitadan ortiq bo'lmagan tugunlar uchun navbatma - navbat muvozanat tenglamalari yozish bilan fermaning boshqa sterjenlaridagi zo'riqishlar aniqlanadi. Umuman, har bir tugun uchun ikkita noma'lumli ikkita tenglamadan iborat sistemani hosil kilamiz. Koordinata o'qlari-ning yo'nalishlarini tegishlicha tanlab har gal ikkita ikki noma'lumli ikkita tenglamadan iborat sistemani hosil qilimiz. Koordinata o'qlarining yo'nalishlarini tegishlicha tanlab har gal ikki noma'lumli tenglamalar sistemasini o'rniga bitta noma'lumli mustaqil tenglamalar hosil qilish mumkin; bu ba'zi hollarda hisoblashni ancha osonlashtiradi.

Tugunlar muvozanatining ayrim xollarini tekshirib, nollik sterjenlarining belgilarini aniqlaymiz. 3.10-rasm, a da ko'rsatilgan ferma elementlaridagi zo'riqishlarni aniqlash uchun tugunlarni kesish usulini tadbiq etamiz. Fermadan bir tugunni ajratib, unda tutashgan sterjenlardagi zo'riqishlardagi aniqlaymiz (3.10-rasm,b)

$$\sum X = 0, \sum X = N_{1-2} = 0, \text{ demak, } N_{1-2} = 0;$$

$$\sum Y = 0, \sum Y = -N_{0-1} = 0, \text{ demak, } N_{0-1} = 0$$

Demak, bir chiziqda yotmagan ikki sterjen uchlari tutashgan tuguniga yuk ko'yilmagan bo'lsa, fermaning bu sterjenlaridagi zo'riqishlar 0 ga teng bo'ladi (3.10 rasm, a):

$$N_{0-1} = 0, \quad N_{1-2} = 0.$$

SHu shart 0 chi sterjenlarning birinchi belgisidir.

Fermaning 3 tugunini ajratib, uning uchun muvozanat tenglama-larini yozamiz (3.10 rasm, v):

$$\sum X = 0, \sum X = -N_{3-0} + N_{3-5} = 0,$$

bundan

$$N_{3-0} = N_{3-5};$$

$$\sum Y = 0, \sum Y = N_{3-2} = 0, \text{ ya'ni } N_{3-2} = 0.$$

Demak, fermaning yuklanmagan tugunida 3 ta sterjen tutashgan bo'lib, ulardan ikkitasi bir to'g'ri chiziqda yotsa, ulardagi zo'riqishlar bir-biriga teng, uchinchi sterjendagi (yakka sterjen deb ataladi) zo'riqish esa nolga teng bo'ladi ( $N_{3-0} = N_{3-5}$ ,  $N_{3-2} = 0$ ). Bu nolinni sterjenlarning ikkinchi belgisidir. Bu belgiga asosan, 3.10-rasm,a da ifodalangan fermaning 4-5 va 6-7 -ustunlaridagi zo'riqishlar ham nolga teng bo'ladi:

$$N_{4-5} = 0, \quad N_{6-7} = 0.$$

Tugunda ikkita sterjen tutashgan bo'lib,unga qo'yilgan yuk biror sterjenning o'qi bo'yicha yo'nalgan bo'lsa, bu sterjendagi zo'riqish qo'yilgan yukka teng, ikkinchi sterjendagi (yakka sterjen deyish mumkin) zo'riqish esa nolga teng bo'ladi. Masalan, 3.10 - rasm, a da ko'rsatilgan fermadan 8 - tugunni kesib (3.10-rasm,g) qo'yidagi tenglamalarni tuzamiz:

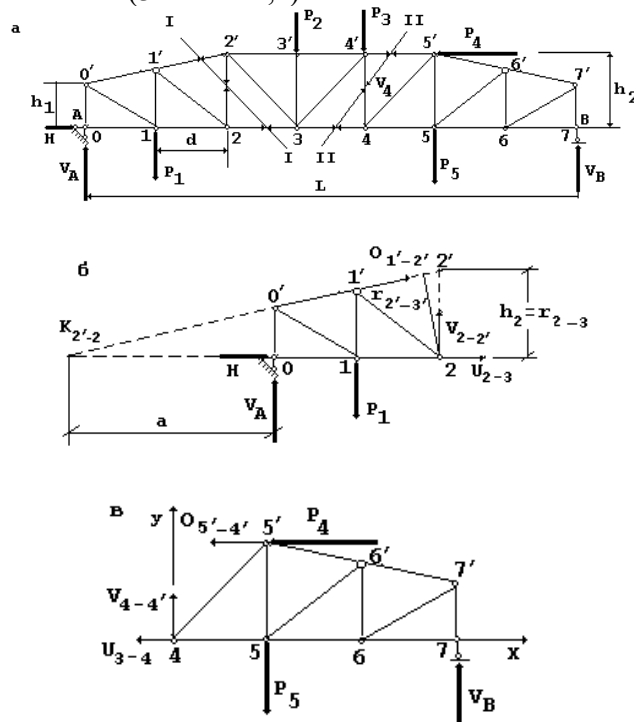
$$\sum X=0, \sum X=-N_{8-6}-R_3=0,$$

bundan

$$N_{8-6}=R_3.$$

$$\sum U=0, N_{8-9}=0.$$

2.Fermani kesish usuli. Fermaning ayrim sterjenlarida hosil bo'ladigan zo'riqishlarni aniqlash uchun fermani kesish usulidan foydalaniladi. Fermani kesish usulini tatbiq etish tugunlarni ajratish usuliga nisbatan ancha oson va bu usul qo'yidagi tartibda bajariladi. Ferma zo'riqish aniqlanadigan sterjenni kesib o'tuvchi biror 1-1 kesim bilan fikran ikki qismga ajratilib, uning chap yoki o'ng qismining muvozanati tekshiriladi (3.11-rasm,a).



3.11 - rasm

Lekin ferma bu kesim bilan fikran ikki qismga ajratilganda kesilgan sterjenlarning soni uchtdan oshmasligi kerak, agar uchtdan oshsa tegishli noma'lum zo'riqishlarning soni statikaning tekislikdagi muvozanat tenglamalari sonidan ortiqcha bo'lib, uni hisoblash mumkin bo'lmay qoladi. Muvozanat tenglamalarini tuzishdan avval kesilgan sterjenlar cho'zilishga ishlaydi deb faraz qilib, zo'riqishlar fermaning tugunlaridan tashqi tomonga yo'naltiriladi. Aniqlangan zo'riqishlardan biri manfiy ishorada bo'lsa, uning yo'nalishi avval qabul qilingan yo'nalishga qarama-qarshi bo'lib, sterjen siqilgan bo'ladi.

Fermaning ajratilgan qismidagi uchta noma'lum zo'riqishlarni aniqlash uchun statikaning uchta muvozanat tenglamasini yozib ularni birga yechish kerak. Lekin har bir sterjendagi zo'riqishni statikaning uchala tenglamasini yechish bilan emas balki uning bitta tenglamasini yechib ham aniqlash mumkin. Buning uchun har qaysi sterjendagi zo'riqish boshqa ikkita noma'lum zo'riqishning yo'nalishlari kesishgan nuqtaga nisbatan tuzilgan momentlar tenglamasidan foydalanib aniqlanadi.

Agar kesilgan sterjenlardan ikkitasi o'zaro paralel bo'lsa, u holda 3-chi sterjendagi zuriqish paralel bo'lgan sterjenlarga tik yo'nalgan o'qqa tushirilgan proeksiyalar yigindisining 0 tengligi shartidan foydalanib aniqlanadi. Masalan, 3.11 rasmda ko'rsatilgan ferma elementlaridagi zo'riqishlarni aniqlash talab qilinsin. Fermaning 2-3 elementidagi  $U_{2-3}$  zo'riqishini aniqlash uchun ana shu va boshqa ikki elementni kesib o'tuvchi I - I kesimni olib, uni ikki (chap va o'ng) qismga ajratamiz. Bulardan bir qismini, masalan, o'ng qismini tashlab yuborib uning chap tomonga ko'rsatadigan ta'sirini kesilgan sterjenlar bo'yicha yo'nalgan noma'lum zo'riqishlar bilan almashtiramiz (3.11 rasm, b). Fermaning qolgan chap qismi uchun muvozanat tenglamalarini tuzamiz.  $U_{2-3}$  zo'riqishni aniqlash uchun boshqa ikki kesimlangan sterjenlardagi zo'riqish-larni

kesishgan nuqtasi 2 ni belgilab, bu nuqtaga nisbatan momentlar tenglamasi ( $\sum M_2 = 0$ ) ni yozamiz. U holda 2o nuqtaga nisbatan  $U_{2-3}$  zo'riqishning moment nuqtasi deyiladi.

$$\sum M_2 = V_A \cdot 2d - H \cdot h_2 - U_{2-3} \cdot r_{2-3} - P \cdot d = 0,$$

bundan

$$U_{2-3} = 1/r_{2-3} (V_A \cdot 2d - H \cdot h_2 - P \cdot d),$$

bu yerda  $r_{2-3}$  - zo'riqish  $U_{2-3}$  ning 2o nuqtaga nisbatan yelkasi.

$O_{10-20}$  zo'riqishni to'ish uchun hamma ferma chap qismining muvozanatini tekshiramiz. Buning uchun boshqa ikkita  $U_{2-3}$  va  $V_{2-2}$  zo'riqishlarning yo'nalishi kesishgan 2-tugunga (moment nuqtasi ikki tugunga mos keladi) nisbatan momentlar tenglamasini tuzamiz:

$$\sum M_2 = V_A \cdot 2d - P_1 \cdot d + O_{1-2} \cdot r_{1-2} = 0,$$

bundan

$$O_{1-2} = -1/r_{1-2} (V_A \cdot 2d - P_1 \cdot d)$$

$V_{2-2}$  zo'riqishni to'ish uchun  $U_{2-3}$  va  $O_{10-20}$  zo'riqishlarning yo'nalishi kesishgan nuqta  $K_{2-2}$  ga nisbatan momentlar tenglamasini tuzamiz (3.11 rasm ,b):

$$\sum M_{2-2'} = -V_A \cdot a + '1(a+d) - V_{2-2'} \cdot (a+2d) = 0,$$

bundan

$$V_{2-2'} = -1/(a+2d) [V_A \cdot a + '1(a+d)].$$

$V_{4-40}$  zo'riqishni to'ish uchun fermani II - II bo'yicha kesib ikki qismga ajratamiz (3.11-rasm,a) va uning o'ng tomonidagi ajratilgan qismining muvozanatini tekshiramiz (3.11 rasm , v). Fermaning bu qismiga ta'sir etayotgan kuchlar soni uning chap qismiga ta'sir etayotgan kuchlar sonidan kam. Fermadan ajratilgan o'ng qismga ta'sir qilayotgan  $U_{3-4}$  va  $O_{40-50}$  noma'lum zo'riqishlar o'zaro parallel bo'lgani uchun  $V_{4-40}$  zo'riqishni aniqlashda ham kuchlarining vertikal uqqa tushirilgan proeksiyalari yig'indisining 0 ga tengligi shartidan foydalaniladi.

( $\sum Y = 0$ ):

$$\sum Y = V_{4-4'} - '5 + V_B = 0,$$

bundan

$$V_{4-4'} = '5 - V_B$$

bo'ladi.

Xuddi shu tartibda fermaning boshqa sterjenlaridagi zo'riqishlarni ham aniqlash mumkin.

### **Ferma sterjenlaridagi zo'riqishlarni grafik usulda aniqlash.**

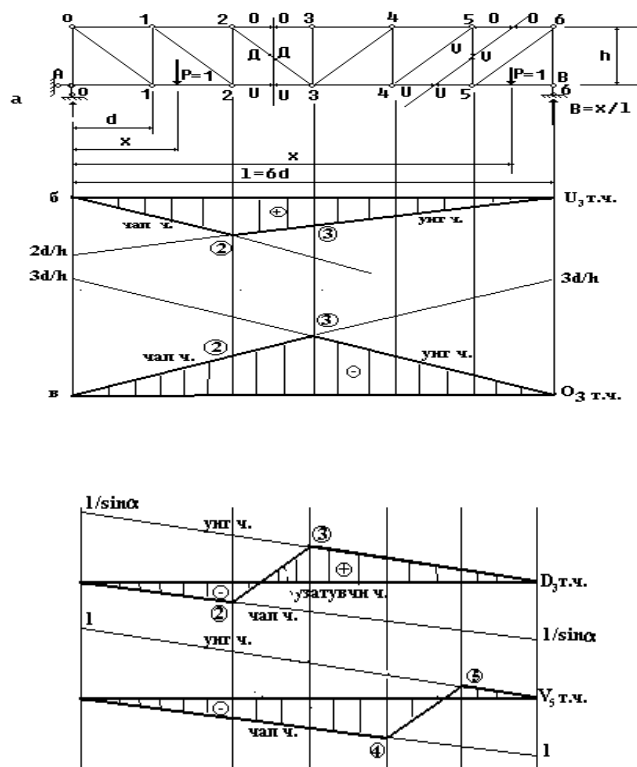
Fermani grafik usulda hisoblash, ya'ni grafik yo'l bilan uning elementlaridagi zo'riqishlarni aniqlash nazariy mexanikaning grafostatika bo'limida to'la ko'rib chiqilgan. SHuning uchun biz bu masala ustida to'xtalmaymiz. Grafik usullardan eng qulayi berilgan ferma uchun Maksvell-Kremona diagrammasini chizishdir. Bu diagramma yordamida fermaning oamma elementlaridagi zo'riqishlarni aniqlash mumkin.

### **Harakatlanuvchi yuk ta'sirida ferma elementlaridagi zo'riqishlarni hisoblash.**

Ferma elementlarida harakatlanuvchi yuklar ta'siridan hosil bo'ladigan zo'riqish kuchlarini aniqlash uchun ta'sir chiziqlar nazariyasidan foydalaniladi. Yo'nalishi vertikal, miqdori esa birga teng ( $P = 1$ ) ko'chma yuk ferma bo'yicha Harakatlanayotganda ferma elementidagi zo'riqish qiymatining o'zgarishini ifodalovchi grafik shu zo'riqish ta'sir chizig'i deb ataladi.

Tashqi yuklar fermaning sharnirli tugunlariga qo'yilganligi sababli, uning elementlaridagi zo'riqish ta'sir chiziqlarini qurishda yuklarni tugun orqali asosiy balkaga uzatishdagi ta'sir chizig'ini qurish qoidalarini tatbiq qilish kerak. Ta'sir chizig'ini qurish tartibini quyidagi misollarda ko'ramiz.





3.12-rasm

1.Parallel belbog'li ferma elementlaridagi zo'riqishning ta'sir chiziqlarini quramiz (3.12-rasm). pastki belbog'ning 2-3 elementidagi  $U_{2-3}$  zo'riqishning ta'sir chizig'ini qurish uchun fermani I-I kesim bo'yicha kesib, ko'chma birlik yukning ikki holatini tekshiramiz:

1-holat. Birlik yuk ( $P=1$ ) kesim o'tkazilgan paneldan chap tomonda harakatlanadi, ya'ni  $0 \leq X \leq 2d$ . Fermaning chap yoki o'ng qismi uchun muvozanat tenglamalarini yozamiz. Tenglamalar fermaga ta'sir qilayotgan kuchlar soni kamroq qismi uchun yozilsa, tenglama soddaroq ko'rinishga ega bo'ladi.  $U_{2-3}$  zo'riqishning moment nuqtasi ikki zo'riqish  $D_{20-3}$  va  $O_{20-30}$  ning yo'nalishlari kesishgan 2o nuqta (tugun) da bo'ladi. I - I kesimning bir tomonida (fermaning o'ng qismi uchun) yotgan kuchlarning moment nuqtasi 2o ga nisbatan momentlarining yig'indisi nolga tengligi shartidan foydalanib, tenglama tuzamiz:

$$\sum M_{20} = V4d + U_{2-3}^{y\epsilon} * h = 0, -3$$

bundan 
$$U_{2-3}^{+an} = B * \frac{4d}{h}, \quad (a)$$

bu yerda  $V = x/l$ .

Demak,  $U_{2-3}$  ning ta'sir chizig'i V tayanch reaksiyasining ta'sir chizig'i kabi bslib, uning ordinatalari o'zgarmas  $4d/h$  miqdorga ks'aytirilgan bo'ladi. (a) tenglama  $U_{2-3}$  ning chap chiziq tenglamasi deyiladi va u  $P=1$  yuk kesim o'tkazilgan paneldan chap tomonda harakatlanganida  $U_{2-3}$  ning o'zgarishini ifodalaydi. Chap chiziq A tayanchi tagidagi nol ordinata bilan V tayanch ostidagi  $1*4d/h$  ordinatani birlashtiruvchi to'g'ri chiziqdan iborat. Uning kerakli qismi  $0 \leq X \leq 2d$  oraliqda bo'lib, 3.12-rasm ,b da shtrixlab ko'rsatilgan.

2-holat.  $P=1$  ko'chma yuk kesim o'tkazilgan paneldan o'ng tomonda harakatlanadi ( $3d \leq X \leq 6d$ ). Bu xol uchun ham moment nuqtaga nisbatan bir tomonda (fermaning chap qismi uchun) yotgan kuchlar momentlarining yig'indisi nolga tengligi shartidan foydalanamiz, ya'ni

$$\sum M_{20} = A2d - U_{2-3}^{y\eta} * h = 0,$$

bundan 
$$U_{2-3}^{y\eta} = \frac{A2d}{h}, \quad (b)$$

bu yerda

Demak,  $P = 1$  yuk uchinchi paneldan sng tomonda bsilganida,  $U_{2-3}$  ning ta'sir chizig'i oddiy balka A reaksiyasining ta'sir chizig'iga o'xshash, lekin uning ordinatalari o'zgaras  $\frac{2d}{h}$  miqdorga Ko'paygan bo'ladi.(b) tenglama o'ng chiziq tenglamasi deyiladi va u  $P = 1$  yuk kesim o'tkazilgan paneldan o'ng tomonda harakatlanayotganda zo'riqishning o'zgarishini harakterlaydi.(b) ga asosan, o'ng chiziq B tayanch ostidagi nol ordinata bilan A tayanch tagidagi  $1 \cdot \frac{2d}{h}$  ordinatalarini

birlashtirib hosil qilinadi. Uning kerakli qismi  $3d \leq x \leq 6d$  oraliqda bo'ladi.  $P = 1$  yuk 2-3 panelda (ya'ni kesilgan panel bo'yicha) harakatlanayotganda  $U_{2-3}$  zo'riqishning o'zgarish qonunini ifodalovchi uzatish chizig'i 2-3 o'ng chiziq ustida yotadi. Chap va o'ng chiziqlar doim moment nuqtasi tagida kesishadi.  $U_{2-3}$  zo'riqishning ta'sir chizig'i 3.12 rasm, b da ko'rsatilgan. Endi yuqoridagi belbog'dagi 2o-3o sterjenda hosil bo'ladigan zo'riqishning ta'sir chizig'ini ko'ramiz.

1-holat. Ko'chma  $P = 1$  yuk I-I kesim o'tkazilgan paneldan chap tomonda harakatlanadi. ( $0 \leq X \leq 2d$ ). Kesilgan fermaning o'ng qismi uchun muvozanat tenglamasini yozamiz.  $O_{2-3}$  ning moment nuqtasi 3 tugunda bo'ladi. Bu tugunga nisbatan momentlar tenglamasini tuzamiz:

$$\sum M_3 = 0; \quad -B \cdot 3d - m_{2-3}^{\epsilon} \cdot h = 0,$$

bundan  $O_{2-3}^{\epsilon} = -B \frac{3d}{h}. \quad (v)$

(v) ifoda chap chiziq tenglamasidir. Bu chiziq oddiy balka V tayanch reaksiyasining ta'sir chizig'i kabi quriladi. Uning ordinatalari A tayanch ostida 0 ga, V tayanch ostida  $-3d/h$  ga teng va kerakli qismi  $0 \leq x \leq 2d$  oraliqda bo'ladi.(3.13 rasm,v).

2-holat. Ko'chma  $P = 1$  yuk 3-tugundan o'ng tomonda harakatlanadi ( $3d \leq x \leq 1$ ). Kesilgan fermaning chap qismiga qo'yilgan hamma kuchlar uchun moment nuqtasiga nisbatan  $\sum M_3 = 0$  muvozanat tenglamasini yozamiz

$$\sum M_3 = A_3 d = m_{2-3}^{\epsilon} h = 0.$$

bundan  $O_{2-3}^{\epsilon} = -A \frac{3d}{h}. \quad (g)$

Bu o'ng chiziq tenglamasidir. O'ng chiziq V tayanch ostida 0 ga va A tayanch ostida  $-3d$  bo'lgan ordinatalar orqali o'tadi. Chap va o'ng chiziqlar moment nuqtasi 3 tugun ostida kesishadi. Uzatuvchi chiziq (2-3) esa chap chiziq ustida yotadi (3.12 rasm,v).

SHunday qilib, chap chiziq  $R = 1$  kuchma yuk A tayanchdan 3-tugunchaga harakatlaganda, o'ng chiziq esa ko'chma yuk 3- tugundan fermaning oxirgi tugunigacha harakatlanganda  $O_{2o-3o}$  zo'riqishning ta'sir chizig'ini ifodalaydi. Fermaning yuqorigi yoki pastki belbog' sterjenlardagi zo'riqish ta'sir chiziqlarini shu fermaga mos keladigshan oddiy balka kesimlaridagi eguvchi moment ta'sir chiziqlariga o'xshashligidan foydalanib ham qurish mumkin. Haqiqatdan, (a), (b), (v) va (g) formulalarni birlashtirib umumiy holda quydagicha yozish mumkin.

$$S_1 = \pm \frac{M_k^o}{r_1}, \quad (3.4)$$

chunki (a), (b), (v) va (g) formulalarning surati oddiy balka eguvchi momentining ta'sir chizig'i tenglamasini va maxraji esa, zo'riqish yelkasini ifodalaydi. Bunda  $S_1$  pastki yoki yuqoriga belbog' sterjenlaridagi zo'riqish.(3.4 formula bo'yicha  $S_1$  ta'sir chizig'i qurish uchun, avval fermaning K nuqtasiga mos kelgan oddiy balka kesmidagi eguvchi momentining ta'sir chizig'ini qurib so'ngra uning ordinatalarini o'zgaras miqdor  $1/r_1$  ga ko'paytirish kerak.

Ferma panjarasini tashqil etuvchi sterjenlarda hosil bo'ladigan zo'riqishlar ta'sir chiziqlarini qurishni ko'raylik I-I kesim bilan kesilgan 2o-3 sterjendagi  $D_{2o-3}$  zo'riqishning ta'sir chizig'ini quramiz:

a) Ko'chma  $P = 1$  yuk 2-chi tugundan chap tomonda ( $0 \leq X \leq 2d$ ) harakatlanadi deb ferma o'ng qismini muvozanatini tekshiramiz. $D_{2o-3}$  zo'riqishning moment nuqtasini cheksizlikda bo'lganligi uchun fermaning o'ng qismiga qo'yilgan kuchlarning vertikal o'qqa proeksiyalari yig'indisi 0 ga tengligidan foydalanamiz:

$$\sum V = 0. \quad V + D_{2'-3'}^{*an} \sin \alpha = 0,$$

bundan

$$D_{2'-3'}^{*an} = -\frac{B}{\sin \alpha}.$$

Bu ifodadan ko'rinib turibdiki, o'ng chiziqni qurish uchun oddiy balka A tayanch reaksiyasini ta'sir chizig'ini qurib uning ordinatalarini szgarmas miqdor  $1g \sin \alpha$  ga ks'aytirish kerak. Uning kerakli qismi  $3d \leq X \leq l$  oraliqda bo'ladi.  $R=1$  yuk 3-panel bo'yicha harakatlanayotganda,  $D_{20-3}$  zo'riqish 2-3 uzatuvchi chiziq konuni bo'yicha o'zgaradi. Demak,  $P=1$  yuk uchinchi paneldan sng tomonda bslganida,  $U_{2-3}$  ning ta'sir chizig'i oddiy balka A reaksiyasining ta'sir chizig'iga o'xshash,

lekin uning ordinatalari o'zgarmas  $\frac{2d}{h}$  miqdorga Ko'paygan bo'ladi.(b) tenglama o'ng chiziq

tenglamasi deyiladi va u  $P=1$  yuk kesim o'tkazilgan paneldan o'ng tomonda harakatlanayotganda zo'riqishning o'zgarishini harakterlaydi.(b) ga asosan, o'ng chiziq B tayanch ostidagi nol ordinata

bilan A tayanch tagidagi  $1 \cdot \frac{2d}{h}$  ordinatalarini birlashtirib hosil qilinadi. Uning kerakli qismi  $3d \leq x \leq$

$6d$  oraliqda bo'ladi.  $P=1$  yuk 2-3 panelda (ya'ni kesilgan panel bo'yicha) harakatlanayotganda  $U_{2-3}$  zo'riqishning o'zgarish qonunini ifodalovchi uzatish chizig'i 2-3 o'ng chiziq ustida yotadi. Chap va o'ng chiziqlar doim moment nuqtasi tagida kesishadi.  $U_{2-3}$  zo'riqishning ta'sir chizig'i 3.12 rasm, b da ko'rsatilgan. Endi yuqoridagi belbog'dagi 2o-3o sterjenda hosil bo'ladigan zo'riqishning ta'sir chizig'ini ko'ramiz.

1- holat. Ko'chma  $P=1$  yuk I-I kesim tkazilgan paneldan chap tomonda harakatlanadi. ( $0 \leq X \leq 2d$ ). Kesilgan fermaning o'ng qismi uchun muvozanat tenglamasini yozamiz.  $O_{2-3}$  ning moment nuqtasi 3 tugunda bo'ladi. Bu tugunga nisbatan momentlar tenglamasini tuzamiz:

$$\sum M_3 = 0; \quad -V \cdot 3d - O_{2'-3'}^{*an} \cdot h = 0,$$

$$\text{bundan} \quad O_{2'-3'}^{*an} = -B \frac{3d}{h}. \quad (v)$$

(v) ifoda chap chiziq tenglamasidir. Bu chiziq oddiy balka V tayanch reasiyasining ta'sir chizig'i kabi quriladi. Uning ordinatalari A tayanch ostida 0 ga, V tayanch ostida  $-3d$  ga teng va kerakli qismi  $0 \leq X \leq 2d$  oraliqda bo'ladi.(3.13 rasm,v).

2-holat. Ko'chma  $P=1$  yuk 3 chi tugundan o'ng tomonda harakatlanadi ( $3d \leq X \leq l$ ). Kesilgan fermaning chap qismiga qo'iylgan hamma kuchlar uchun moment nuqtasiga nisbatan  $\sum M_3 = 0$  muvozanat tenglamasini yozamiz

$$\sum M_3 = A3d = O_{2'-3'}^{*an} \cdot h = 0.$$

$$\text{bundan} \quad O_{2'-3'}^{*an} = -A \frac{3d}{h}. \quad (g)$$

Bu o'ng chiziq tenglamasidir. O'ng chiziq V tayanch ostida 0 ga va A tayanch ostida  $-3d$  bo'lgan ordinatalar orqali o'tadi. Chap va o'ng chiziqlar moment nuqtasi 3 tugun ostida kesishadi. Uzatuvchi chiziq (2-3) esa chap chiziq ustida yotadi (3.12 rasm,v)

SHunday qilib, chap chiziq  $R=1$  kuchma yuk A tayanchdan 3-tugunchaga harakatlaganda, o'ng chiziq esa ko'chma yuk 3-tugundan fermaning oxirgi tugunigacha harakatlanganda  $O_{20-30}$  zo'riqishning ta'sir chizig'ini ifodalaydi.

Fermaning yuqorigi yoki pastki belbog' sterjenlardagi zo'riqish ta'sir chiziqlarini shu fermaga mos keladigshan oddiy balka kesimlaridagi eguvchi moment ta'sir chiziqlariga o'xshashligidan foydalanib ham qurish mumkin. Haqiqatdan, (a), (b), (v) va (g) formulalarni birlashtirib umumiy holda quydagicha yozish mumkin.

$$S_1 = \pm \frac{M_k^o}{r_1}, \quad (3.4)$$

chunki (a), (b), (v) va (g) formulalarning surati oddiy balka eguvchi momentining ta'sir chizig'i tenglamasini va maxraji esa, zo'riqish yelkasini ifodalaydi. Bunda  $S_i$  pastki yoki yuqoriga belbog' sterjenlaridagi zo'riqish.(3.4 formula bo'yicha  $S_i$  ta'sir chizig'i qurish uchun, avval fermaning K

nuqtasiga mos kelgan oddiy balka kesmidagi eguvchi momentning ta'sir chizig'ini qurib so'ngra uning ordinatalarini o'zgaras miqdor  $1/r_1$  ga ko'paytirish kerak. Ferma panjarasini tashqil etuvchi sterjenlarda hosil bo'ladigan zo'riqishlar ta'sir chiziqlarini qurishni ko'raylik I-I kesim bilan kesilgan 2o-3 sterjendagi  $D_{2o-3}$  zo'riqishning ta'sir chizig'ini quramiz:

a) Ko'chma  $P=1$  yuk 2-chi tugundan chap tomonda ( $0 \leq X \leq 2d$ ) harakatlanadi deb ferma o'ng qismini muvozanatini tekshiramiz.  $D_{2o-3}$  zo'riqishning moment nuqtasini cheksizlikda bo'lganligi uchun fermaning o'ng qismiga qo'yilgan kuchlarning vertikal o'qqa proeksiyalari yig'indisi 0 ga tengligidan foydalanamiz:

$$\sum V = 0. \quad V + D_{2'-3'}^{zan} \sin \alpha = 0,$$

bundan 
$$D_{2'-3'}^{zan} = -\frac{B}{\sin \alpha}.$$

Bu ifodadan ksrinib turibdiki, sng chiziqni qurish uchun oddiy balka A tayanch reaksiyasini ta'sir chizig'ini qurib uning ordinatalarini o'zgaras miqdor  $1g \cdot \sin \alpha$  ga ko'aytirish kerak. Uning kerakli qismi  $3d \leq X \leq l$  oraliqda bsladi.  $R=1$  yuk 3 chi panel bo'yicha harakatlanayotganda,  $D_{2o-3}$  zo'riqish 2-3 uzatuvchi chiziq qonuni bo'yicha o'zgaradi. Demak,  $P=1$  yuk uchinchi paneldan o'ng tomonda bo'lganida,  $U_{2-3}$  ning ta'sir chizig'i oddiy balka A reaksiyasining ta'sir chizig'iga o'xshash, lekin uning ordinatalari o'zgaras  $\frac{2d}{h}$  miqdorga ko'paygan bo'ladi. (b) tenglama o'ng chiziq tenglamasi

deyladi va u  $P=1$  yuk kesim o'tkazilgan paneldan o'ng tomonda harakatlanayotganda zo'riqishning o'zgarishini harakterlaydi. (b) ga asosan, o'ng chiziq B tayanch ostidagi nol ordinata bilan A tayanch tagidagi  $1 \cdot \frac{2d}{h}$  ordinatalarini birlashtirib hosil qilinadi. Uning kerakli qismi  $3d \leq x \leq 6d$  oraliqda bo'ladi.  $P=1$  yuk 2-3 panelda (ya'ni kesilgan panel bo'yicha) harakatlanayotganda  $U_{2-3}$  zo'riqishning o'zgarish qonunini ifodalovchi uzatish chizig'i 2-3 o'ng chiziq ustida yotadi.

Chap va o'ng chiziqlar doim moment nuqtasi tagida kesishadi.  $U_{2-3}$  zo'riqishning ta'sir chizig'i 3.12 rasm, b da ko'rsatilgan.

Endi yuqoridagi belbog'dagi 2o-3o sterjenda hosil bo'ladigan zo'riqishning ta'sir chizig'ini ko'ramiz.

1-holat. Ko'chma  $P=1$  yuk I-I kesim o'tkazilgan paneldan chap tomonda harakatlanadi. ( $0 \leq X \leq 2d$ ). Kesilgan fermaning o'ng qismi uchun muvozanat tenglamasini yozamiz.  $U_{2-3}$  ning moment nuqtasi 3 tugunda bo'ladi. Bu tugunga nisbatan momentlar tenglamasini tuzamiz:

$$\sum M_3 = 0; \quad -V \cdot 3d - O_{2'-3'}^{zan} \cdot h = 0,$$

bundan 
$$O_{2'-3'}^{zan} = -B \frac{3d}{h}. \quad (v)$$

(v) ifoda chap chiziq tenglamasidir. Bu chiziq oddiy balka V tayanch reaksiyasining ta'sir chizig'i kabi quriladi. Uning ordinatalari A tayanch ostida 0 ga, V tayanch ostida  $-3d$  ga teng va kerakli qismi  $0 \leq X \leq 2d$  oraliqda bo'ladi. (3.13 rasm, v).

2-holat. Ko'chma  $P=1$  yuk 3-tugundan o'ng tomonda harakatlanadi ( $3d \leq X \leq l$ ). Kesilgan fermaning chap qismiga qo'yilgan hamma kuchlar uchun moment nuqtasiga nisbatan  $\sum M_3 = 0$  muvozanat tenglamasini yozamiz

$$\sum M_3 = A3d = O_{2'-3'}^{ynz} \cdot h = 0.$$

bundan 
$$O_{2'-3'}^{ynz} = -A \frac{3d}{h}. \quad (g)$$

Bu o'ng chiziq tenglamasidir. O'ng chiziq V tayanch ostida 0 ga va A tayanch ostida  $-3d$  bo'lgan ordinatalar orqali o'tadi. Chap va o'ng chiziqlar moment nuqtasi 3 tugun ostida kesishadi. Uzatuvchi chiziq (2-3) esa chap chiziq ustida yotadi (3.12 rasm, v)

SHunday qilib, chap chiziq  $R=1$  kuchma yuk A tayanchdan 3-tugunchaga harakatlaganda, o'ng chiziq esa ko'chma yuk 3-tugundan fermaning oxirgi tugunigacha harakatlanganda  $O_{2o-3o}$

zo'riqishning ta'sir chizig'ini ifodalaydi. Fermaning yuqorigi yoki pastki belbog' sterjenlardagi zo'riqish ta'sir chiziqlarini shu fermaga mos keladigshan oddiy balka kesimlaridagi eguvchi moment ta'sir chiziqlariga o'xshashligidan foydalanib ham qurish mumkin. Haqiqatdan, (a), (b), (v) va (g) formulalarni birlashtirib umumiy holda quydagicha yozish mumkin.

$$S_1 = \pm \frac{M_k^o}{r_1}, \quad (3.4)$$

chunki (a), (b), (v) va (g) formulalarning surati oddiy balka eguvchi momentining ta'sir chizig'i tenglamasini va maxraji esa, zo'riqish yelkasini ifodalaydi. Bunda  $S_1$  pastki yoki yuqoriga belbog' sterjenlaridagi zo'riqish. (3.4 formula bo'yicha  $S_1$  ta'sir chizig'i qurish uchun, avval fermaning K nuqtasiga mos kelgan oddiy balka kesmidagi eguvchi momentining ta'sir chizig'ini qurib so'ngra uning ordinatalarini o'zgarmas miqdor  $1/r_1$  ga ko'paytirish kerak. Ferma panjarasini tashqil etuvchi sterjenlarda hosil bo'ladigan zo'riqishlar ta'sir chiziqlarini qurishni ko'raylik I-I kesim bilan kesilgan 2o-3 sterjendagi  $D_{2o-3}$  zo'riqishning ta'sir chizig'ini quramiz:

a) Ko'chma  $P=1$  yuk 2-chi tugundan chap tomonda ( $0 \leq X \leq 2d$ ) harakatlanadi deb ferma o'ng qismini muvozanatini tekshiramiz.  $D_{2o-3}$  zo'riqishning moment nuqtasini cheksizlikda bo'lganligi uchun fermaning o'ng qismiga qo'yilgan kuchlarning vertikal o'qqa proeksiyalari yig'indisi 0 ga tengligidan foydalanamiz:

$$\sum V = 0. \quad V + D_{2'-3'}^{+an} \sin \alpha = 0,$$

bundan 
$$D_{2'-3'}^{+an} = -\frac{B}{\sin \alpha}.$$

Bu ifodadan ksrinib turibdiki, sng chiziqni qurish uchun oddiy balka A tayanch reaksiyasini ta'sir chizig'ini qurib uning ordinitalarini o'zgarmas miqdor  $1g' \sin \alpha$  ga ko'paytirish kerak. Uning kerakli qismi  $3d \leq X \leq l$  oraliqda bo'ladi.  $R=1$  yuk 3-panel bo'yicha harakatlanayotganda,  $D_{2o-3}$  zo'riqish 2-3 uzatuvchi chiziq qonuni bo'yicha o'zgaradi. Demak,  $P=1$  yuk uchinchi paneldan sng tomonda bslganida,  $U_{2-3}$  ning ta'sir chizig'i oddiy balka A reaksiyasining ta'sir chizig'iga o'xshash, lekin uning ordinatalari o'zgarmas  $\frac{2d}{h}$  miqdorga ko'paygan bo'ladi. (b) tenglama o'ng chiziq tenglamasi deyiladi va u  $P=1$  yuk kesim o'tkazilgan paneldan o'ng tomonda harakatlanayotganda zo'riqishning o'zgarishini harakterlaydi. (b) ga asosan, o'ng chiziq B tayanch ostidagi nol ordinata bilan A tayanch tagidagi  $1 \cdot \frac{2d}{h}$  ordinatalarini birlashtirib hosil qilinadi. Uning kerakli qismi  $3d \leq x \leq 6d$  oraliqda bo'ladi.  $P=1$  yuk 2-3 panelda (ya'ni kesilgan panel bo'yicha) harakatlanayotganda  $U_{2-3}$  zo'riqishning o'zgarish qonunini ifodalovchi uzatish chizig'i 2-3 o'ng chiziq ustida yotadi. Chap va o'ng chiziqlar doim moment nuqtasi tagida kesishadi.  $U_{2-3}$  zo'riqishning ta'sir chizig'i 3.12 rasm, b da ko'rsatilgan. Endi yuqoridagi belbog'dagi 2-3sterjenda hosil bo'ladigan zo'riqishning ta'sir chizig'ini ko'ramiz.

1-holat. Ko'chma  $P=1$  yuk I-I kesim tkazilgan paneldan chap tomonda harakatlanadi. ( $0 \leq X \leq 2d$ ). Kesilgan fermaning o'ng qismi uchun muvozanat tenglamasini yozamiz.  $O_{2-3}$  ning moment nuqtasi 3 tugunda bo'ladi. Bu tugunga nisbatan momentlar tenglamasini tuzamiz:

$$\sum M_3 = 0; \quad -V \cdot 3d - O_{2'-3'}^{+an} \cdot h = 0,$$

bundan 
$$O_{2'-3'}^{+an} = -B \frac{3d}{h}. \quad (v)$$

(v) ifoda chap chiziq tenglamasidir. Bu chiziq oddiy balka V tayanch reatsiyasining ta'sir chizig'i kabi quriladi. Uning ordinatalari A tayanch ostida 0 ga, V tayanch ostida  $-3d/h$  ga teng va kerakli qismi  $0 \leq X \leq 2d$  oraliqda bo'ladi. (3.13 rasm, v).

2-holat. Ko'chma  $P=1$  yuk 3 chi tugundan o'ng tomonda harakatlanadi ( $3d \leq X \leq l$ ). Kesilgan fermaning chap qismiga qo'iylgan hamma kuchlar uchun moment nuqtasiga nisbatan  $\sum M_3 = 0$  muvozanat tenglamasini yozamiz

$$\sum M_3 = A3d = O_{2'-3'}^{+an} \cdot h = 0.$$

$$\text{bundan} \quad O_{2'-3'}^{yh2} = -A \frac{3d}{h}. \quad (g)$$

Bu o'ng chiziq tenglamasidir. O'ng chiziq V tayanch ostida 0 ga va A tayanch ostida  $-3d'$  bo'lgan ordinatalar orqali o'tadi. Chap va o'ng chiziqlar moment nuqtasi 3 tugun ostida kesishadi. Uzatuvchi chiziq (2-3) esa chap chiziq ustida yotadi (3.12 rasm,v). SHunday qilib, chap chiziq  $P=1$  ko'chma yuk A tayanchdan 3-tugunchaga harakatlaganda, o'ng chiziq esa ko'chma yuk 3-tugundan fermaning oxirgi tugunigacha harakatlanganda  $O_{2o-3o}$  zo'riqishning ta'sir chizig'ini ifodalaydi.

Fermaning yuqorigi yoki pastki belbog' sterjenlardagi zo'riqish ta'sir chiziqlarini shu fermaga mos keladigshan oddiy balka kesimlaridagi eguvchi moment ta'sir chiziqlariga o'xshashligidan foydalanib ham qurish mumkin. Haqiqatdan, (a), (b), (v) va (g) formulalarni birlashtirib umumiy holda quydagicha yozish mumkin.

$$S_1 = \pm \frac{M_k^o}{r_1}, \quad (3.4)$$

chunki (a), (b), (v) va (g) formulalarning surati oddiy balka eguvchi momentining ta'sir chizig'i tenglamasini va maxraji esa, zo'riqish yelkasini ifodalaydi. Bunda  $S_1$  pastki yoki yuqoriga belbog' sterjenlaridagi zo'riqish.(3.4 formula bo'yicha  $S_1$  ta'sir chizig'i qurish uchun, avval fermaning K nuqtasiga mos kelgan oddiy balka kesmidagi eguvchi momentining ta'sir chizig'ini qurib so'ngra uning ordinatalarini o'zgarmas miqdor  $1/r_1$  ga ko'paytirish kerak. Ferma panjarasini tashqil etuvchi sterjenlarda hosil bo'ladigan zo'riqishlar ta'sir chiziqlarini qurishni ko'raylik I-I kesim bilan kesilgan 2o-3 sterjendagi  $D_{2o-3}$  zo'riqishning ta'sir chizig'ini quramiz:

a) Ko'chma  $P=1$  yuk 2-chi tugundan chap tomonda ( $0 \leq X \leq 2d$ ) harakatlanadi deb ferma o'ng qismini muvozanatini tekshiramiz.  $D_{2o-3}$  zo'riqishning moment nuqtasini cheksizlikda bo'lganligi uchun fermaning o'ng qismiga qo'yilgan kuchlarning vertikal o'qqa proeksiyalari yig'indisi 0 ga tengligidan foydalanamiz:

$$\sum Y = 0. \quad V + D_{2'-3'}^{\div an} \sin \alpha = 0,$$

$$\text{bundan} \quad D_{2'-3'}^{\div an} = -\frac{B}{\sin \alpha}.$$

Bu ifodadan ko'rinib turibdiki, so'ng chiziqni qurish uchun oddiy balka A tayanch reaksiyasini ta'sir chizig'ini qurib uning ordinitalarini szgarmas miqdor  $1g' \sin \alpha$  ga ko'paytirish kerak. Uning kerakli qismi  $3d \leq X \leq l$  oraliqda bo'ladi.  $R=1$  yuk 3 chi panel bo'yicha harakatlanayotganda,  $D_{2o-3}$  zo'riqish 2-3 uzatuvchi chiziq qonuni bo'yicha o'zgaradi. Demak,  $P=1$  yuk uchinchi paneldan sng tomonda bo'lganida,  $U_{2-3}$  ning ta'sir chizig'i oddiy balka A reaksiyasining ta'sir chizig'iga o'xshash, lekin uning ordinatalari o'zgarmas  $\frac{2d}{h}$  miqdorga ko'paygan bo'ladi.(b) tenglama o'ng chiziq tenglamasi deyiladi va u  $P=1$  yuk kesim o'tkazilgan paneldan o'ng tomonda harakatlanayotganda zo'riqishning o'zgarishini harakterlaydi.(b) ga asosan,

o'ng chiziq B tayanch ostidagi nol ordinata bilan A tayanch tagidagi  $1 \cdot \frac{2d}{h}$  ordinatalarini birlashtirib hosil qilinadi. Uning kerakli qismi  $3d \leq x \leq 6d$  oraliqda bo'ladi.  $P=1$  yuk 2-3 panelda (ya'ni kesilgan panel bo'yicha) harakatlanayotganda  $U_{2-3}$  zo'riqishning o'zgarish qonunini ifodalovchi uzatish chizig'i 2-3 o'ng chiziq ustida yotadi.

Chap va o'ng chiziqlar doim moment nuqtasi tagida kesishadi.  $U_{2-3}$  zo'riqishning ta'sir chizig'i 3.12 rasm, b da ko'rsatilgan. Endi yuqoridagi belbog'dagi 2-3 sterjenda hosil bo'ladigan zo'riqishning ta'sir chizig'ini ko'ramiz.

*1-holat.* Ko'chma  $P=1$  yuk I-I kesim tkazilgan paneldan chap tomonda harakatlanadi. ( $0 \leq X \leq 2d$ ). Kesilgan fermaning o'ng qismi uchun muvozanat tenglamasini yozamiz.  $O_{2-3}$  ning moment nuqtasi 3 tugunda bo'ladi. Bu tugunga nisbatan momentlar tenglamasini tuzamiz:

$$\sum M_3 = 0; \quad -V \cdot 3d - O_{2'-3'}^{\div an} \cdot h = 0,$$

$$\text{bundan} \quad O_{2'-3'}^{\div an} = -B \frac{3d}{h}. \quad (v)$$

(v) ifoda chap chiziq tenglamasidir. Bu chiziq oddiy balka V tayanch reaksiyasining ta'sir chizig'i kabi quriladi. Uning ordinatalari A tayanch ostida 0 ga, V tayanch ostida  $-3d'$  ga teng va kerakli qismi  $0 \leq X \leq 2d$  oraliqda bo'ladi. (3.13 rasm, v).

2-holat. Ko'chma  $P=1$  yuk 3-tugundan o'ng tomonda harakatlanadi ( $3d \leq X \leq l$ ). Kesilgan fermaning chap qismiga qo'yilgan hamma kuchlar uchun moment nuqtasiga nisbatan  $\sum M_3=0$  muvozanat tenglamasini yozamiz

$$\sum M_3 = A3d = M_{2'-3'}^{-'} h = 0.$$

bundan 
$$O_{2'-3'}^{yh2} = -A \frac{3d}{h}. \quad (g)$$

Bu o'ng chiziq tenglamasidir. O'ng chiziq V tayanch ostida 0 ga va A tayanch ostida  $-3d'$  bo'lgan ordinatalar orqali o'tadi. Chap va o'ng chiziqlar moment nuqtasi 3 tugun ostida kesishadi. Uzatuvchi chiziq (2-3) esa chap chiziq ustida yotadi (3.12 rasm, v)

SHunday qilib, chap chiziq  $P=1$  kuchma yuk A tayanchdan 3-tugunchaga harakatlaganda, o'ng chiziq esa ko'chma yuk 3-tugundan fermaning oxirgi tugunigacha harakatlanganda  $O_{20-30}$  zo'riqishning ta'sir chizig'ini ifodalaydi. Fermaning yuqorigi yoki pastki belbog' sterjenlardagi zo'riqish ta'sir chiziqlarini shu fermaga mos keladigishan oddiy balka kesimlaridagi eguvchi moment ta'sir chiziqlariga o'xshashligidan foydalanib ham qurish mumkin. Haqiqatdan, (a), (b), (v) va (g) formulalarni birlashtirib umumiy holda quydagicha yozish mumkin.

$$S_1 = \pm \frac{M_k^o}{r_1}, \quad (3.4)$$

chunki (a), (b), (v) va (g) formulalarning surati oddiy balka eguvchi momentining ta'sir chizig'i tenglamasini va maxraji esa, zo'riqish yelkasini ifodalaydi. Bunda  $S_1$  pastki yoki yuqoriga belbog' sterjenlaridagi zo'riqish. (3.4 formula bo'yicha  $S_1$  ta'sir chizig'i qurish uchun, avval fermaning K nuqtasiga mos kelgan oddiy balka kesimidagi eguvchi momentining ta'sir chizig'ini qurib so'ngra uning ordinatalarini o'zgarmas miqdor  $1/r_1$  ga ko'paytirish kerak.

Ferma panjarasini tashqil etuvchi sterjenlarda hosil bo'ladigan zo'riqishlar ta'sir chiziqlarini qurishni ko'raylik I-I kesim bilan kesilgan 2-3 sterjendagi  $D_{20-3}$  zo'riqishning ta'sir chizig'ini quramiz:

a) Ko'chma  $P=1$  yuk 2-tugundan chap tomonda ( $0 \leq X \leq 2d$ ) harakatlanadi deb ferma o'ng qismini muvozanatini tekshiramiz.  $D_{20-3}$  zo'riqishning moment nuqtasini cheksizlikda bo'lganligi uchun fermaning o'ng qismiga qo'yilgan kuchlarning vertikal o'qqa proektsiyalari yig'indisi 0 ga tengligidan foydalanamiz:

$$\sum Y = 0. \quad V + D_{2'-3'}^{+an} \sin \alpha = 0,$$

bundan 
$$D_{2'-3'}^{+an} = -\frac{B}{\sin \alpha}.$$

Bu ifodadan ksrinib turibdiki, sng chiziqni qurish uchun oddiy balka A tayanch reaksiyasini ta'sir chizig'ini qurib uning ordinatalarini o'zgarmas miqdor  $1g' \sin \alpha$  ga ko'aytirish kerak. Uning kerakli qismi  $3d \leq X \leq l$  oraliqda bsladi.  $R=1$  yuk 3 chi panel bo'yicha harakatlanayotganda,  $D_{20-3}$  zo'riqish 2-3 uzatuvchi chiziq qonuni bo'yicha o'zgaradi. Bu uzatuvchi chiziqni chizish uchun kesimdag chap tomondagi 2 tugunni chap chiziqqa, 3 chi tugunni o'ng chiziqqa proleksiylab, olingan nuqtalar to'g'ri chiziq bilan birlashtiriladi (3.12 rasm, g).  $V_{5-50}$  ustun zo'riqishining tasir chizig'ini quramiz. Fermaning II-II kesimi bilan ikki qismga bo'lamiz.  $V_{5-50}$  zo'riqishlarining moment nuqtasi cheksizlikda bo'ladi.

1-holat.  $R=1$  yuk kesimidan chap tomonda ( $0 \leq X \leq 4d$ ) harakatlanadi deb, fermaning chap qismi uchun muvozanat tenglamasini yozamiz:

$$\sum Y = 0, \quad V_{5-5'}^{+an} + B = 0 \quad \text{va} \quad V_{5-5'}^{+an} = -B,$$

ya'ni  $V_{5-50}$  ning chap chizig'i V tayanch reaksiyasi ta'sir chizig'ining teskari ishora bilan olinganiga teng.

2-holat.  $R=1$  yuk kesimdan o'ng tomonda ( $5d \leq X \leq l$ ) harakatlanadi. Fermaning chap qismi uchun muvozanat tenglamasi.

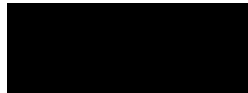
$$\sum Y = 0, \quad A - V_{5-5'}^{yh2} = 0 \quad \text{va} \quad V_{5-5'}^{yh2} = A.$$

Demak, o'ng chiziq oddiy balka A tayanch reaksiyasining ta'sir chizig'i kabi chiziladi. Chap va o'ng chiziqlarga fermaning tegishli tugunlarini tushurib, uzatuvchi chiziqni o'tkazamiz (3.12 rasm, d). Endi 3.13 rasmda ko'rsatilgan ferma sterjenlaridagi o'riqishlarning ta'sir chiziqlarini quramiz. D<sub>1-2o</sub> zo'riqishning ta'sir chizig'ini qurish uchun fermanni I-I bo'yicha kesamiz. D<sub>1-2o</sub> zo'riqishning moment nuqtasi O<sub>1o-2o</sub> va U<sub>1-2</sub> zo'riqishlarning yo'nalishlari kesishgan K<sub>1-2o</sub> nuqtada bo'ladi (3.14 rasm, a);

a) R=1 yuk kesmdan chap tomonda (0≤X≤d) harakatlanadi, deb fermaning o'ng qismi uchun muvozanat tenglamasini tuzamiz:

$$M_{k_{1-2'}} = 0, D_{1-2'}^{an} r_{1-2'} - B(6d + a) = 0$$

va



Bu ifodaga asosan, A tayanch ostidagi 0 va V tayanch tagidagi  $\frac{(6d + a)}{r_{1-2'}}$  ordinatalarini

birlashtirib, D<sub>1-2o</sub> zo'riqishning chap chizig'i hosil qilinadi. Uning ish qismi 0≤X≤d oraliqda bo'ladi;

b) P=1 yuk kesimdan o'ng tomonda (2d≤X≤l) harakatlanadi deb, fermaning chap qismi muvozanat tenglamasini tuzamiz:

$$M_{k_{1-2'}} = 0, -D_{1-2'}^{yh2} r_{1-2'} - Aa = 0$$

Bu tenglamadan  $D_{1-2'}^{yh2} = -A \frac{a}{r_{1-2'}}$ . Bu ifodaga asosan, D<sub>1-2o</sub> ning o'ng chizig'i V tayanch

ostidagi 0 ordinata bilan A tayanch ostida olingan  $-\frac{a}{r_{1-2'}}$  ordinatani birlashtiradi va u 2d≤X≤l

oraliqda bo'lib davomi K<sub>1</sub> moment nuqtasi ostida chap chiziq bilan kesishadi (3.14 rasm, b). Chap va o'ng chiziqlarga fermaning tegishli tugunlarini proeksiyalab, uzatuvchi chiziqni hosil qilamiz.

V<sub>5-5o</sub> ustun zo'riqishning ta'sir chizigini qurishni ko'ramiz. Fermanni II-II bo'yicha kesamiz. P=1 kuchma yuk fermaning pastki bel bogi bo'yicha harakatlansin. V<sub>5-5o</sub> zo'riqishning moment nuqtasi K<sub>2</sub> bo'ladi.

a) P=1 yuk kesimdan chap tomonda (0≤X≤4d) deb, fermaning ung qismi uchun muvozanat tenglamasini tuzamiz.

$$\sum M_{k_2} = 0, Bb + V_{5-5''}^{an'} r_{5-5'} = 0$$

yoki

$$V_{5-5''}^{an'} = -B \frac{b}{r_{5-5'}}$$

Bu ifodaga asosan A tayanch ostiga 0, V tayanch ostiga esa  $-\frac{b}{r_{5-5'}}$  ordinatalarni ko'yamiz va ularni

birlashtirib, chap chiziqni o'tkazamiz (3.13 rasm, v).

b) P=1 yuk kesimdan ung toomnda harakatlanadi (5d≤X≤l) deb, fermaning chap qismi uchun muvozanat tenglamasini tuzamiz:

$$\sum M_{k_2} = 0, A(b + 6d) + V_{5-5''}^{yh2} r_{5-5'} = 0$$

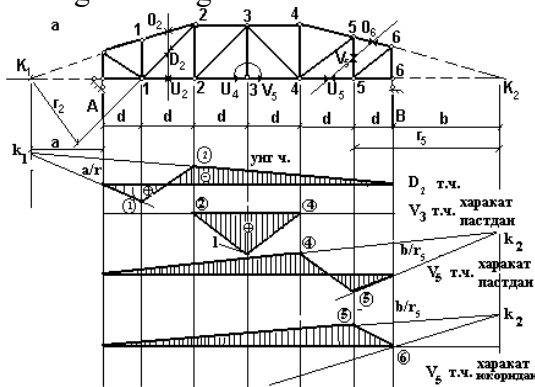
bundan

$$V_{5-5''}^{yh2} = A \frac{(b + 6d)}{r_{5-5'}}$$

Bu ifodaga asosan, o'ng chiziqni o'tkazamiz. Chap va o'ng chiziqlar moment nuqtasining ostida kesishadi.(3.13 oasm, v).



Yuk fermaning pastki bel bog'i bo'yicha harakatlangani uchun, II-II kesimning chap va o'ng tomonlaridagi fermaning pastki tugunlari tegishli



3.13 rasm

chiziqlarga proeksiyalanadi va 4-5 uzatuvchi chiziq o'tkaziladi. Ta'sir chizig'ining kerakli qismi 3.13 rasm, v da shtrixlangan. Bu ta'sir chiziq  $P=1$  yuk pastki bel bog'i bo'yicha harakat qilingan hol uchun chizilgan.

Agar  $P=1$  yuk fermaning yuqorigi belbog'i bo'yicha harakat qilsa,  $V_{5-50}$  zo'riqishning ta'sir chizig'i avvalgi qurilgan ta'sir chizig'idan faqat uzatuvchi chiziqning holati bilan farq qiladi, ya'ni bu hol uchun II-II kesimdan chap va o'ng tomondagi fermaning yuqorigi tugunlarini ularga mos chap va o'ng chiziqlarga proeksiyalaymiz hamda 5-6 uzatuvchi chiziqni o'tkazamiz. Harakat yuqoridan bo'lgan hol uchun qurilgan  $V_{5-50}$  zo'riqishning ta'sir chizig'i 3.13-rasm, g da ko'rsatilgan.  $V_{3-3}$  zo'riqishning ta'sir chizig'ini ko'ramiz. Bunday sterjenlardagi zo'riqishlarning ta'sir chizig'ini qurishda tugunlarni kesish usulidan foydalanamiz. Fermaning 3-tugunini kesib, uning ikki holatini tekshiramiz (3.13-shakl, d).

1-holat.  $R=1$  yuk 2-3 va 3-4 panellardan tashqarida harakatlanadi. Bu hol uchun muvozanat tenglamasi  $\sum Y=0$ , ni yozib,  $V_{3-30}$  ni olamiz.

2-holat.  $R=1$  yuk 3- tugun ustiga qo'yilgan holni ko'ramiz ( 3.13 rasm, b)  $\sum Y=0$ , bundan  $V_{3-30}=1$ . Demak,  $R=1$  yuk 0, 1,2, 4,5,6 va yuqorigi bel bog'dagi hamma tugunlarga qo'yilganda ham  $V_{3-30}$  zo'riqish 0 ga teng. 3-tugunga qo'yilganda esa  $V_{3-30} = 1$  bo'ladi. Tugunlar ostiga  $V_{3-30}$  ning hisoblangan ordinatalarini qo'yib, uzatuvchi chiziqlar bilan birlashtiramiz. Hosil bo'lgan  $V_{3-30}$  zo'riqishning ta'sir chizig'i 3.13 rasm, e da ko'rsatilgan.

#### Mustaqil ishlash va nazorat savollari:

1. Katta oraliqlarni qoplashda tekis balka nima sababdan iqtisodiy noqulay bo'ladi?
2. Ferma tuzilmalari qaysi soha va joylarda ko'p ishlaydi?
3. Ferma qanday tuzilma? Ferma sterjenlarida qanday zuriqish xosil bo'ladi va nima sababdan?
4. Balkasimon ferma reaksiyalari qanday topiladi?
5. Ferma elementlari qanday farqlanadi?
6. Moment nuqtasi deb nimaga aytiladi? Misollar keltiring?
7. Qachon ferma elementlaridagi zo'riqishlarni aniqlashda moment nuqtasi usulini qo'llash qulay bo'ladi?
8. Tugun kesish usuli qachon va qanday qo'laniladi? Uning afzallik va kamchiliklari nimadan iborat?
9. Qanday sterjenlar zo'riqishsiz (nulli) deyiladi? Misollar keltiring.
10. Qachon proektsiya usulini qo'llash qulay bo'ladi? Uning mazmuni nimadan iborat?

#### 9-mavzu. Shprengelli fermalarni hisoblash

##### Reja:

1. Shprengelli fermalarni hisoblash.
2. Shprengelli fermalarni sterjenlaridagi zo'riqishlar ta'sir chiziqlarini qurish

Tayanch so'z va iboralar:

*Shprengelli ferma, bir yarusli shprengelli ferma, kategoriya sterjenlar, ikki yarusli shprengelli ferma*

Agar ferma belboglari tugunlarining orasidagi masofa katta bo'lsa, belbogning har bir sterjenini mustaqil fermacha bilan almashtirish mumkin (3.14-rasm,a). Bunday fermalar shprengelli fermalar deyiladi. Shprengel asosiy ferma panelining ikki tomonidagi tugunlar tiralgan bo'lib (3.14-rasm,b), ko'prik-ko'ndalang balkalar fermadagi asosiy va shprengeldagi qo'shimcha tugunlarga tayanadi.

Shprengelli fermalar bir va ikki yarusli bo'lishi mumkin. 3.14-rasm, v da bir yarusli shprengelli ferma tasvirlangan. Bunday fermalarda shprengelning pastki (yuqoriga) qo'shimcha tugunlariga qo'yilgan yuk uning pastki (yuqorigi) asosiy tugunlariga uzatiladi.

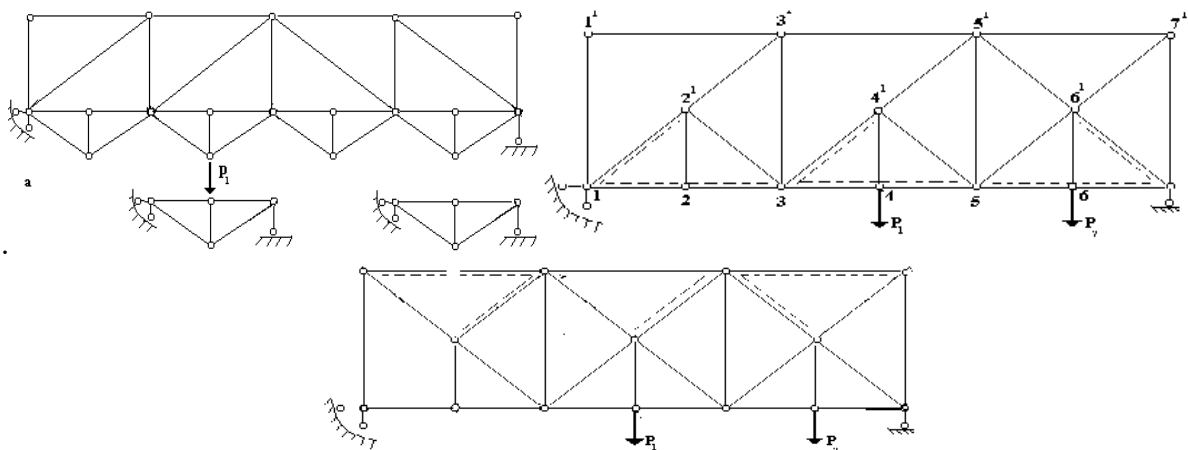
Agar shprengelning pastki (yukori) tugunlariga qo'yilgan yuk fermaning yukoridagi (pastki) asosiy tugunlariga uzatilsa, u holda bunday sxemaga ega bo'lgan fermalar ikki yarusli Shprengelli fermalar deyiladi (3.14- rasm,g).

Bir yarusli shprengelli fermalarni hisoblashda ularning elementlari quyidagi uchta kategoriyaga bulinadi:

1). Faqat asosiy fermaga tegishli bo'lgan sterjenlar birinchi kategoriyali sterjenlar deb ataladi. 3.14-rasm, v da ko'rsatilgan 1-1', 1'-3', 2'-3', 3-3' va shunga o'xshash boshqa sterjenlar 1-kategoriyali sterjenlar jumlasidandir. Ulardagi zo'riqish shprengelni e'tiborga olmasdan, asosiy fermani hisoblash orqali topiladi.

2). Faqat shprengelga tegishli bo'lgan sterjenlar ikkinchi kategoriyali sterjenlar (2'-3, 4'-5, 5-6', 4-4' va boshkalar) deb ataladi. Ulardagi zo'riqishni aniqlash uchun har bir shprengel asosiy fermadan ajratib olinib, uning muvozanati Mustaqil ravishda tekshiriladi.

3). Bir vaqtning uzida asosiy ferma bilan shprengelga tegishli bo'lgan, eelementlari birlashgan sterjenlar uchinchi kategoriyali sterjenlar deb ataladi. Ular 3.14-rasm, v da punktir chiziq bilan ko'rsatilgan. Masalan, 1-2, 2-3, 3-4' va shunga uxshash sterjenlar shular jumlasidandir.



3.14- rasm.

Ikki yarusli shprengelli fermalarning sterjenlari turt kategoriyaga bulinadi. Ulardan uchta yukorida kurilgan shprengelli ferma sterjenlarning kategoriyalariga mos.

Turtinchi kategoriyali sterjenlar fermaning asosiy sterjenlari kabi (1-kategoriyali) bo'ladi, lekin harakat aslida yukoridan bo'lganda yukning ta'siri pastga yoki harakat pastdan bo'lganda yukning ta'siri yukoriga uzatiladi (3.14 -rasm, g).

Shprengelli ferma sterjenlardagi zo'riqishning ta'sir chizigini qurishdan oldin tekshirilayotgan sterjen qaysi kategoriyaga tegishli ekanligini aniqlash kerak.

Parallel belbogli bir yarusli shprengelli fermaning 3.15-rasmda ko'rsatilgan sterjenlaridagi zo'riqishlarning ta'sir chiziqlarini quramiz (harakat pastdan).

$V_{3-3'}$  zo'riqishning ta'sir chizigi. 3-3' sterjen 1-kategoriyali bo'lgani uchun  $V_{3-3'}$  zo'riqishning ta'sir chizigini qurishda shprengel-fermachalar e'tiborga olinmaydi. U holda 3.15-rasm,b da ko'rsatilgan shprengelsiz (asosiy) fermani tekshirish kerak. I-I kesim o'tkazib,  $P=1$  yukning kesimning chap va ung tomonlaridagi hollari uchun muvozanat tenglamalarini yozamiz:  
 $\sum U=0$ ,  $V_{3-3'}^{+an} = B$  va  $V_{3-3'}^{yn2} = -A$  ning ta'sir chizigi 3.15-rasm, v da ko'rsatilgan.

$D_{5-6'}$  zo'riqishning ta'sir chizigi. Fermaning 5-6' sterjeni III kategoriyali. II-II kesimni o'tkazib, kuchma  $P=1$  yukning undan chap va o'ng tomonlardagi harakatini tekshiramiz.  $P=1$  yuk

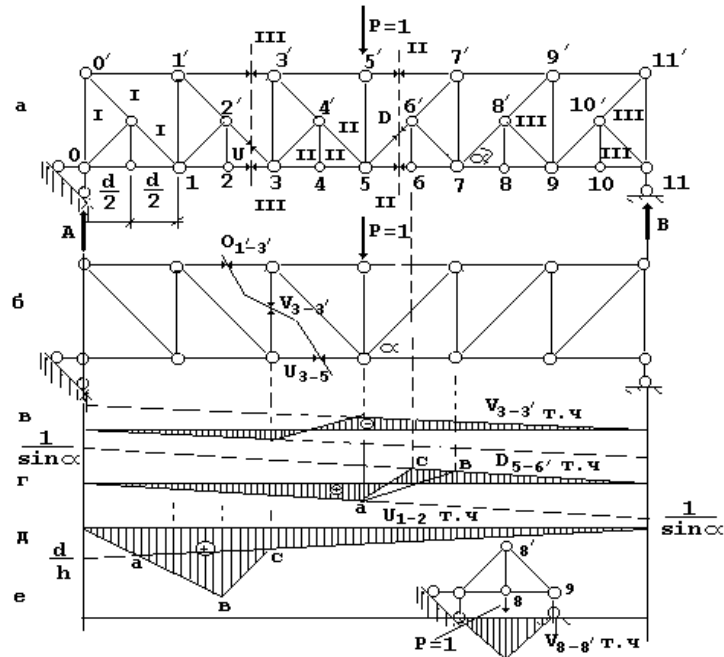
II-II kesimdan o'ng tomonda harakatlanadi deb, fermaning chap qismi uchun muvozanat tenglamasini yozamiz:

$$\sum Y = 0, A + D_{5-6'}^{yh2} \sin \alpha = 0 \text{ va } D_{5-6'}^{yh2} = -\frac{A}{\sin \alpha}$$

shunga o'xshash,

$$D_{5-6'}^{an} = \frac{B}{\sin \alpha}$$

Bu tenglamalarga asosan, chap va ung chiziqlarni chizamiz (3.15-rasm, g). sterjen III kategoriyali bo'lganligi sababli shprengelni hisobga olamiz. Chap chiziqdagi 5-tugunga tegishli va ung chiziqdagi 6-tugunga tegishli ordinatalarni tutashtiruvchi as uzatuvchi chiziqni o'tkazamiz.



edik. U holda shprengel fermachaning ishlashini hisobga oluvchi avs uchburchaklik hosil bulmasdi. Demak,  $D_{5-6'}$  ning ta'sir chizigida hosil bo'lgan avs uchburchaklik, kuchma birlik kuch turtinchi paneldagi 5- va 7-tugunga tiralgan fermacha bo'yicha harakatlanganda III kategoriyali 5-6 sterjendagi  $D_{5-6'}$ .

$$\sum X = 0, U_{1-2} - U_{2-3} = 0, \quad \sum M_{1'} = Ad - U_{2-3}^{yh2} h = 0,$$

$$U_{2-3}^{yh2} = \frac{Ad}{h}.$$

$U_{2-3}$  ta'sir chizigining chap va ung chiziqlarini utkazib, so'ngra shprengelning ishlashini hisobga olamiz. 2-tugun kesimning chap tomonda bo'lgani uchun, uni chap chiziqqa, 3-tugunni esa o'ng chiziqqa proektsiyalaymiz va yes uzatuvchi chiziqni utkazamiz.

$U_{2-3} = U_{1-2}$  ta'sir chizigidan avs uchburchakli ham shprengelni e'tiborga oolinganoligini ko'rsatadi (3.15 -rasm, d).

$V_{8-8'}$  zo'riqishning ta'sir chizigi. Fermaning 8-8' sterjeni II kategoriyali bo'lganligi uchun, fermadan 7-8'-9 shprengelni ajratib olib, uni mustaqil ikki tayanchli fermacha deb qaraymiz (3.15 -rasm, e).

$P=1$  yuk 8-tugunda deb, uning muvozanat tenglamasini yozamiz:

$$\sum Y = 0, V_{8-8'} - 1 = 0, \text{ bundan } V_{8-8'} = 1$$

Agar yuk 7- va 9-tugunlarda bo'lsa,  $V_{8-8'}$ . Zo'riqish nolga teng bo'ladi. bu aniqlangan ordinatalar bo'yicha.

### Mustaqil ishlash va nazorat savollari:

1. Bir yarusli shprengelli fermalarda sterjenlarning nechta kategoriyasi bo'ladi? Har bir kategoriya sterjenlari uchun zo'riqishlarning ta'sir chiziqlari qanday quriladi?

- Ikki yarusli shprengelli ferma sterjenlari zo'riqishlarining ta'sir chiziqlarini qurishda shprengelli ferma qaysi kategoriya sterjeni alohida qaraladi va ular uchun ta'sir chiziqlari qanday quriladi?
- Uch sharnirli arka va arkasimon fermalarda tayanch reaksiyalarining vertikal tashkil etuvchilarini ta'sir chiziqlari balka reaksiyalarining ta'sir chiziqlaridan farq qiladimi?

### 10-mavzu. Uch sharnirli arkalarni qo'zg'almas va harakatlanuvchi yuklar ta'siriga hisoblash

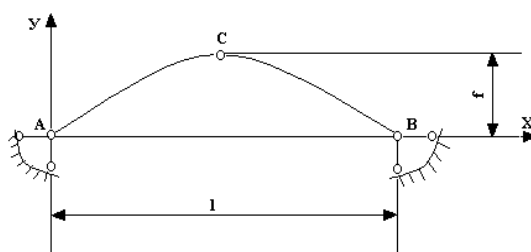
#### Reja:

- Umumiy tushunchalar.
- Uch sharnirli sistemalarda analitik usulda eguvchi moment, ko'ndalang va bo'y lama kuchlarni aniqlash.
- Uch sharnirli arkalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash
- Uch sharnirli arkalarni ichki zo'riqishlar kuchlarining ta'sir chiziqlarini chizish.
- Ta'sir chiziqlari orqali uch sharnirli sistemalarni hisoblash
- Uch sharnirli sistemalarda normal kuchlanishlarni yadro momentlari orqali aniqlash.
- Uch sharnirli ramalarni hisoblash

Tayanch so'z va iboralar:

*Reaksiyalarning ta'sir chiziqlari, siljuvchi kuchning ikki xolati, muvozanat tenglamalari, eguvchi momentning ta'sir chizig'i, analitik ifoda, nol nuqtasi, grafik usul, uch sharnirli arkaning maqbul o'qi. Uch sharnirli arka, rama, vertikal reaksiya, keruvchi reaksiya, ko'tarilish balandligi, tortkich, statika tenglamalari, kesimning momenti, oddiy balka uchun kesimning momenti, kesuvchi kuch, kesimning urinmasi, kesimning normali, oddiy balka kesimining kesuvchi kuchi, urinmaning gorizontaal bilan hosil qilgan burchagi, ratsional o'q, parabola.*

O'zaro bitta sharnir vositasida ulangan va fundementga ikkita qo'zgalmas sharnirli tayanchlar yordamida tiralgan ikki egri brusdan tuzilgan geometrik o'zgarmas sistema uch sharnirli arka deyiladi (4.1 -rasm). Uch sharnirli arkaga kandy vertikal kuchlar ta'sir etishidan kat'iy nazar, uning tayanchlarida doim gorizontaal yunalgan keruvchi reaksiya kuchlari bo'ladi. Bu gorizontaal reaksiyalar xavon deyiladi.



4.1 - shakl.

$$\sum X = 0, \sum Y = 0, \sum M = 0, \sum M_c^{uan} = 0, \text{ va } \sum M_c^{\bar{y}_{H2}} = 0 \quad 4.1$$

$$W=3D-2SH-S_T.$$

Uch sharnirli arkada  $D=2$ ;  $SH=1$ ;  $S=4$ . U holda erkinlik darajasi  $W=3*2-2*1-4=0$  bo'ladi va uchala sharnirli bir to'g'ri chiziqdayotmagani uchun sistema ikki sharnirli arka deb ataladi (4.2-rasm, a). bunday arka to'rtta noma'lum tashqil etuvchi tayanch reaksiyalariga ega bo'lib, uning statik anikmaslik darajasi birga teng. Uchlari qistirilgan va oraliq sharnirli bulmagan arka sharnirsiz arka deb ataladi (4.2 -rasm, b).

SHarnirsiz arkada doim oltita noma'lum tashqil etuvchi tayanch reaksiyalari hosil bo'ladi. Bu reaksiyalarni aniqlash uchun uchta muvozanat tenglamasidan tashqari yana uchta kushimcha tenglamalar tuzish kerak. Demak, bu sistema uch marta statik anikmasdir.

Arka ko'ndalang kesmlarning og'irlik markazidan o'tuvchi ASV egri chiziq arka uki deyiladi. Arka o'qi parabolik, aylana, ellips va boshqa shakldagi egri chiziqlardan iborat bo'lishi

mumkin. A va V tayanch sharnirlar orasidagi masofa arka prolyoti (t) deyiladi. Agar tayanchlar har xil balandlikda joylashgan bo'lsa, ular orasidagi gorizontal masofa arka prolyoti hisoblanadi.

A va V tayanch sharnirlar tovon sharnir, oraliq S sharnir esa qulf sharnir deb ataladi. AV tayanch chizigidan arka o'qining eng yuqorigi nuqtasigacha bo'lgan masofa arkaning ko'tarilish cho'o'qisi deyiladi va u f harfi bilan belgilanadi (4.1-rasm).

Agar tayanch sharnirlarni tortiki deb ataluvchi sterjen bilan birlashtirsak (4.3 -rasm, a), u holda arkaning xavon reaksiyasini tortki uziga qabul qiladi. Bunday arka tortikli uch sharnirli arka deyiladi. Tortikli arkada ikkiala tayanchni qo'zgalmas, ikkinchisini esa ko'zgaluvchan sharnirli tayanch bo'ladi. Tortqidagi zo'riqishni aniqlash uchun uni kesib, oraliq sharnir S ga nisbatan momentlar tenglamasini yozamiz:

$$\sum M_c^{uan} = 0 \quad \text{yoki} \quad \sum M_c^{yuz} = 0$$

Tortikli arka tayanchlarining tuzilishiga ko'ra sistema deb hisoblanadi.

Agar egri bruslar siqli sterjenlar bilan almashtirilsa, uch sharnirli rama hosil bo'ladi (4.3-rasm, b).

#### Uch sharnirli arkalarni ko'zgalmas yuklar ta'siridan analitik usulda hisoblash.

Tayanch reaksiyalarini aniqlash. Uch sharnirli arkaga vertikal yuklar ta'siri qilayotgan xol uchun tayanch reaksiyalarini aniqlaymiz (4.3-rasm).

Og'ma tayanch reaksiyalari  $R_A$  va  $R_V$  ni vertikal va gorizontal tashqil etuvchilar  $V_A, V_V, 'A$  va  $'_V$  ga ajratamiz. Ularning qiymatini to'rish uchun muvozanat tenglamasi hamda qushimcha to'rtinchi tenglama  $\sum M_c^{uan} = 0$  yoki  $\sum M_c^{yuz} = 0$  tuziladi.

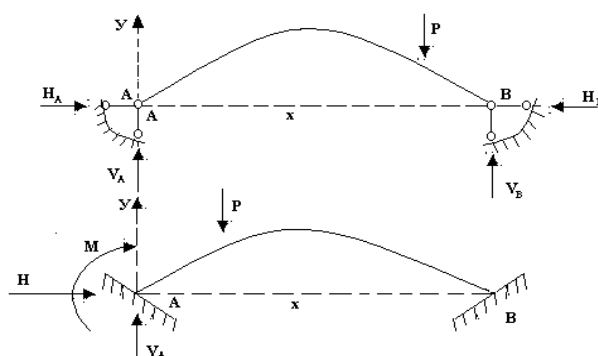
Chap tayanch reaksiyaning vertikal tashqil etuvchisi  $V_A$  ni aniqlash uchun arkaning ng tayanchi V ga nisbatan muvozanat momentlar tenglamasi yoziladi:

$$\sum M_B = 0,$$

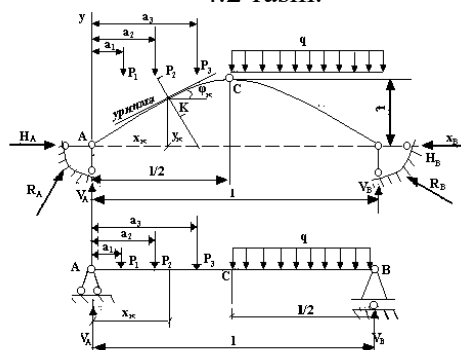
$$V_A l - P_1(l - a_1) - P_2(l - a_2) - P_3(l - a_3) - q \frac{l^2}{8} = 0$$

bundan

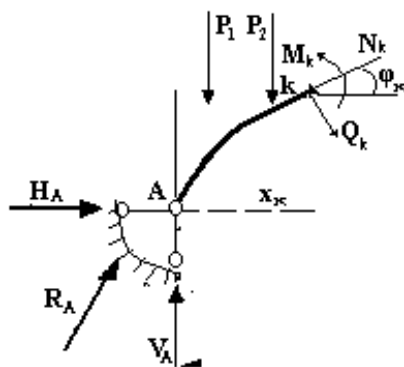
$$V_A = \frac{1}{l} \left[ P_1(l - a_1) + P_2(l - a_2) + P_3(l - a_3) + q \frac{l^2}{8} \right] \quad (a)$$



4.2-rasm.



4.3-rasm



4.3- rasm

O'ng tayanch reaksiyaning vertikal tashqil etuvchisini aniqlash uchun tayanch A ga nisbatan muvozanat momentlar tenglamasini yozamiz:

$$\sum M_A = 0, \quad P_1 a_1 + P_2 a_2 + P_3 a_3 + q \frac{l}{2} * \frac{3}{4} l - V_B l = 0$$

bundan

$$V_B = \frac{1}{l} (P_1 a_1 + P_2 a_2 + P_3 a_3 + q \frac{l}{2} * \frac{3}{4} l^2)$$

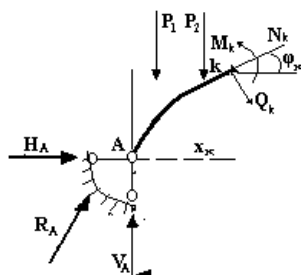
(a) va (b) ifodalardan uch sharnirli arka tayanch reaksiyalarining vertikal tashqil etuvchilari xuddi shunday prolyoti va arka kabi yuklangan oddiy balkaning tayanch reaksiyalariga teng ekanligini quramiz (4.3-rasm, b) ya'ni:  $V_A = A_{\text{балка}}$   $V_B = B_{\text{балка}}$

Uch sharnirli arka tanyach reaksiyalarining gorizontall tashqil etuvchilari  $N_A$  va  $N_V$  rasidagi munosabtni aniqlash uchun unga ta'sir etayotgan hamma kuchlarning gorizontall o'qqa proeksiyalari yiginlisini nolga tenglashtiramiz:

$$\sum X = 0.$$

Agar arkaga faqat vertikal yuklar qo'yilgan bo'lsa, u holda doim  $N_A = N_V = N$  bo'ladi.

Keruvchi reaksiya kuchi  $N$  ni aniqlash uchun, uch sharnirli arkaning oraliq sharniri S dan chap yoki ung tomonda ta'sir etayotgan hamma yuklar va tayanch



4.3- rasm

O'ng tayanch reaksiyaning vertikal tashqil etuvchisini aniqlash uchun tayanch A ga nisbatan muvozanatlik momentlar tenglamasini yozamiz:

$$\sum M_A = 0, \quad P_1 a_1 + P_2 a_2 + P_3 a_3 + q \frac{l}{2} * \frac{3}{4} l - V_B l = 0$$

bundan

$$V_B = \frac{1}{l} (P_1 a_1 + P_2 a_2 + P_3 a_3 + q \frac{l}{2} * \frac{3}{4} l^2)$$

(a) va (b) ifodalardan uch sharnirli arka tayanch reaksiyalarining vertikal tashqil etuvchilari xuddi shunday prolyoti va arka kabi yuklangan oddiy balkaning tayanch reaksiyalariga teng ekanligini yuramiz (4.3 -rasm, b) ya'ni:  $V_A = A_{\text{балка}}$   $V_B = B_{\text{балка}}$

Uch sharnirli arka tanyach reaksiyalarining gorizontal tashqil etuvchilari  $N_A$  va  $N_V$  orasidagi munosabtni aniqlash uchun unga ta'sir etayotgan hamma kuchlarning gorizontal o'qqa proeksiyalari yiginlisini nolga tenglashtiramiz:

$$\sum X=0.$$

Agar arkaga faqat vertikal yuklar qo'yilgan bo'lsa, u holda doim  $N_A=N_V=N$  bo'ladi.

Keruvchi reaksiya kuchi  $N$  ni aniqlash uchun, uch sharnirli arkaning oraliq sharniri  $S$  dan chap yoki ung tomonda ta'sir etayotgan hamma yuklar va tayanch

$$M_K = [V_A x_K - P_1(x_K - a_1) - P_2(x_K - a_K)] - Hy_K. \quad (4.4)$$

bu ifodada o'rta qavs ichidagi miqdor xuddi arkaga qo'yilgan yuklar ta'sirida bo'lgan oddiy balkaning shu  $K$  kesimidagi eguvchi momenti  $M^0_K$  ning miqdoriga teng (4.3-rasm,b). U holda (4.3) ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$M_K = M^0_K - y_K. \quad (4.4)$$

Demak, arkaning  $K$  kesimidagi eguvchi moment shu arkaga tegishli bo'lgan oddiy balkaning xuddi shu mos kesimidagi eguvchi moment  $M^0_K$  va keruvchi kuchdan olingan moment  $Nu_K$  ayirmasiga teng.

Bo'ylama kuchni hisoblash. Arkaning istalgan ko'ndalang kesimidagi bo'ylama kuch, kesimdan bir tomonda joylashgan hamma kuchlarining arka o'qining  $K$  nuqtasiga o'tkazilgan urinmaga proeksiyalarining algebraik yigindisiga teng. Agar bu kuchlar proeksiyalarining algebraik yigindisi arka kesimida sikuvchi kuch hosil kilsa, bo'ylama kuchni musbat deb qabul qilamiz. Arkaning  $K$  kesimidan chap tomonda joylashgan hamma kuchlarning shu nuqtaga o'tkazilgan urinmaga tushirilgan proeksiyalar tenglamasini tuzib, bo'ylama kuch ifodasini yozamiz:

$$N_K = (V_A - P_1 - P_2) \sin \varphi_K + H \cos \varphi_K.$$

bu formulada qavs ichidagi ifoda arkaga ta'sir qilayotgan yuklar bilan yuklangan oddiy balkaning  $K$  kesimidagi ko'ndalang kuchga teng (4.3-rasm, b):

$$Q_K^0 = V_A - P_1 - P_2, \quad (4.6)$$

$$\text{u holda } N_K = Q_K^0 \sin \varphi_K + H \cos \varphi_K. \quad (4.7)$$

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 proeksiyalarining algebraik yig'indisiga teng.

Ko'ndalang kuchning ishorasi materiallar qarshiligi kursida qabul qilingan qoida bo'yicha aniqlanadi. Yuqoridagi ta'rifga asosan (4.3-rasm,v):

$$Q_K = (V_A - P_1 - P_2) \cos \varphi_K - y_K \sin \varphi_K$$

yoki

$$Q_K = Q_K^0 \cos \varphi_K - y_K \sin \varphi_K \quad (4.8)$$

$$\text{bunda } Q_K^0 = V_A - P_1 - P_2.$$

(4.4),(4.7) va (4.8) formulalarga asosan  $M_K$ ;  $N_K$ ; va  $Q_K$  epyuralarni qurish mumkin.

### Eguvchi momentlar epyurasini qurish

Vertikal yqnalgan tashqi kuchlar ta'siridagi uch sharnirli arka uchun eguvchi momentlar epyurasini quramiz(4.4-rasm,a). (4.4) formulaga asosan, uch sharnirli arkaning eguvchi moment epyurasi prolyoti shu arka prolyotiga teng bo'lgan oddiy balkaning eguvchi moment epyurasi bilan  $Nu(x)$  epyurasining ayirmasiga teng:

$$M(x) = M^0_K(x) - y(x). \quad (4.4')$$

Uch sharnirli arkaning eguvchi moment epyurasini qurishda shu ifodadan foydalanish mumkin. Buning uchun arkaga qyilgani kabi yuklar bilan yuklangan oddiy balkaning eguvchi momenti  $M^0(x)$  epyurasi bilan (4.4-rasm,v) arkaning har bir kesim og'irligi markazi ordinatisini keruvchi kuch  $N$  ga  $kq$  aytirib,  $Nu(x)$  epyurasini quramiz (4.4-rasm,g). (4.4') formulaga asosan, uch sharnirli arkaning har bir kesimidagi eguvchi moment ordinatasi qurilgan  $M^0(x)$  va  $Nu(x)$  epyuralardan olingan tegishli ordinalarning ayirmasiga teng bo'ladi (4.4- rasm,d). Masalan:

$$M_1 = M_1^0 - Hy_1; M_2 = M_2^0 - Hy_2; M_C = M_C^0 - Hy_C = 0 \quad \text{va hokazo.}$$

Bu usul bqyicha qurilgan arkaning eguvchi moment epyurasi 4.4-rasm, d da shtrixlab ko'rsatilgan.

Arka eguvchi moment epyurasidagi siniq chiziq A-1-2-S-3-4-V arkaning bosim kq'burchagi deyiladi. Bosim kq'burchagining har bir tomoni (A-1,1-2,2-S,.....) arka ko'ndalang kesimidagi zo'riqishlar teng ta'sir etuvchisining yo'nalishini ko'rsatadi (4.5 -rasm,a). Masalan, arkaning K kesimidan chap yoki qng tomonga joylashgan kuchlarning teng ta'sir etuvchisi  $R_{1-2}$  bo'ladi. Uni  $N_k$  va  $Q_k$  tuzuvchilarga ajratib, kesim og'irlik markaziga ko'chiramiz (4.5 rasm,b). U holda eguvchi moment  $M_k$  ning miqdori quyidagicha bo'ladi:

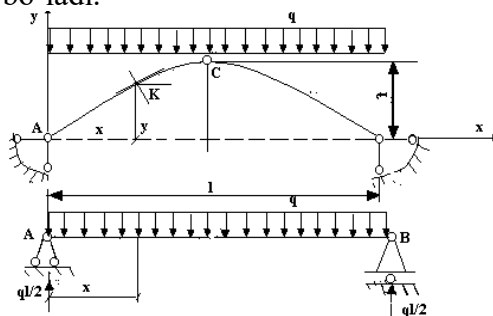
$$M_k = N_k e_k$$

bunda  $e_k$  - bo'ylama kuchning ekstsentrisiteti.

Agar teng ta'sir etuvchi  $R_k$  arka o'qidan yuqoridan o'tsa, arkaning pastki tolalari chizilgan bo'ladi, u holda eguvchi moment musbat hisoblanadi, agar pastda o'tsa  $M_k$  manfiy bo'ladi.

Uch sharnirli arka taralgan yuklar ta'sirida bo'lganda, uning bosim ko'pburchagi o'rniga egri chiziq hosil bo'ladi. Bu egri chiziq bosim egri chizig'i deyiladi. Bosim egri chizig'i arkaning zo'riqish holatini aniq ko'rsatib beradi va u arka o'qiga qanchalik yaqinlashsa, uning ko'ndalang kesimlaridagi eguvchi moment miqdori uncha kamayib boradi.

Arka o'qining ratsional shaklini tanlash. Agar vertikal taralgan yuklar ta'sirida bo'lgan uch sharnirli arkaning bosim chizig'i arka o'qiga mos kelsa, arkaning istalgan ko'ndalang kesimidagi eguvchi moment nolga teng bo'ladi. Bunday xususiyatga ega bo'lgan arka o'qi arkaning ratsional o'qi deyiladi. Ratsional o'qli arkalarining istalgan ko'ndalang kesimda faqat bo'ylama zo'riqish kuchi hosil bo'lib, arka siqilishga ishlaydi. Bunday arkalarining ko'ndalang kesim o'lchamlari eng ratsional ravishda aniqlangan bo'ladi.



4.6-rasm.

Arka o'qining ratsional shaklini tanlash uchun misol tariqasida tekis taralgan yuklar ta'siridagi uch sharnirli arkani ko'rib chiqamiz (4.6- rasm,a). bunday arkaning o'qi rasional shaklli bo'lishi uchun uning istalgan ko'ndalang kesimidagi eguvchi moment nolga teng bo'lishi kerak:

$$M(x) = M^0(x) - Nu(x) = 0.$$

bundan

$$(4.9)$$

$$u(x) = M^0(x)/N$$

ushbu ifoda arka o'qining ratsional shaklini umumiy holda ifodalovchi tenglamadir. Bunda  $M(x)$ - oddiy balkaning ixtiyoriy kesimidagi eguvchi momenti (4.6-rasm,b).

$$M^0(x) = Ax - q \frac{x^2}{2} = \frac{q}{2}(l-x)x \quad (4.10)$$

(4.2) formulaga asosan, keruvchi reaksiya kuchi  $N$  ni aniqlaymiz:

$$N = \frac{M_c^0}{f} = \frac{1}{f} \left( q \frac{l^2}{4} - q \frac{l^2}{8} \right) = \frac{ql^2}{8f}. \quad (4.10')$$

(4.10) va (4.10') formuladagi  $M^0(x)$  va  $N$  ning qiymatini arkaning rasional o'qi tenglamasi(4.9)ga ko'yamiz:



$$y(x) = \frac{8f}{ql^2} (l-x)x \frac{q}{2} = \frac{4f}{l^2} (l-x)x$$

Demak,

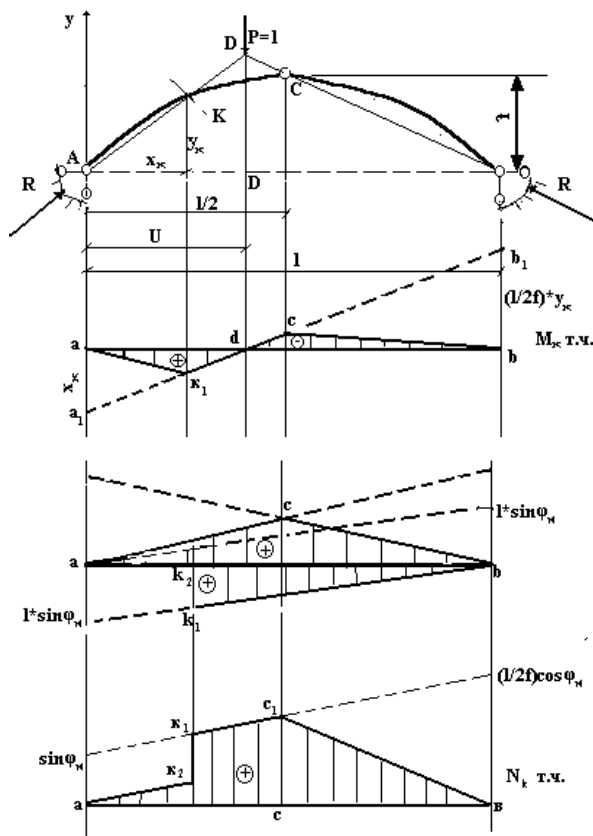
$$u(x) = \frac{4f}{l^2} (l-x)x$$

bo'lgani uchun ushbu holda tekis taralgan yuk ta'siridagi arka o'qining rasional shakli paraboladir.

### Uch sharnirli arkalarda ta'sir chiziqlar qurish.

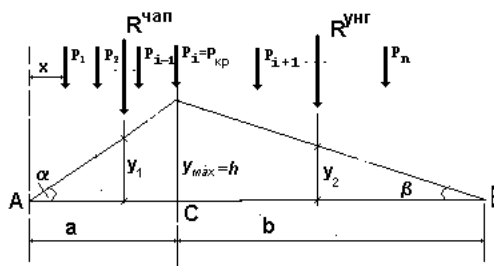
Arkaning  $K$  kesimidagi  $N_k$  ning ta'sir chizig'ini nolinchii ordinata usuli bilan quramiz. Arkaning  $K$  kesimidagi bo'ylama kuchi  $N_k = 0$  bo'lishi uchun  $P=1$  yuk arkaning  $K$  kesimidan o'ng tomonga qo'yilganda  $R_A$  tayanch reaksiyasi arka o'qining  $K$  nuqtasiga o'tkazilgan urinmaga perpendikulyar ravishda yo'nalgan blishi kerak. Demak,  $N_k$  ning ta'sir chizig'i nolinchii nuqta yordamida qo'yidagi tartibda chiziladi (4.14-rasm, a).

1.  $R_A$  tayanch nuqtasini  $K$  kesimga o'tkazilgan urinmaga perpendikulyar qilib yo'naltiramiz.  $R_B$  tanyach reaksiyasi avvalgidek  $C$  sharnir orqali o'tib,  $D$  nuqtada  $R_A$  reaksiya yo'nalishi bilan kesishadi. Agar  $P=1$  yuk  $D$  nuqtadan o'tgan vertikal bo'yicha yo'nalib, arkaning  $K-C$  qismiga ta'sir qilsa,  $K$  kesimda  $N_k = 0$  bo'ladi. Bu ordinata  $P=1$  yuk tagida ( $d$  nuqtada) bo'lishi kerak (4.12 -rasm,b).
2.  $d$  nuqta orqali dab chiziq o'tkazamiz. Unda  $A$  tayanch ostidagi ordinata  $aa_1 = \sin \varphi_K$   $V$  tanyach ostidagi ordinata esa,  $bb_1 = \frac{l}{2f} \cos \varphi_K$  bo'ladi. Bu chiziqning  $K_1S_1$  qismi  $P=1$  yuk  $K$  kesim bilan  $C$  sharnir orasida harakatlanganda  $N_k$  ning o'zgarishini ifodalaymiz.
3. Bu chiziq ordinatalari  $P=1$  yuk  $A$  tayanch bilan  $K$  kesim orasida harakatlanganda kesimdagi  $N_k$  zo'riqishning o'zgarishini ko'rsatadi.  $K$  kesim ostida  $N_k$  ning ta'sir chizig'i doim  $K_1K_2$



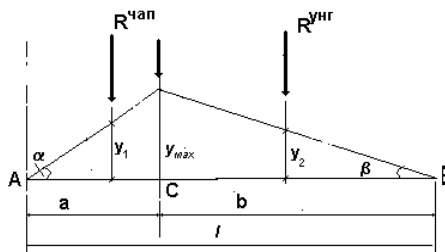
4.10 -rasm.

ma'lum masshtabda qo'yib, d nuqta orqali ab to'g'ri chiziq o'tkazamiz. U holda V tayanch ostidagi ordinata  $bb_1$  bo'ladi. Chiziqning  $K_1dc_1$  qismi  $P=1$  yuk  $K$  kesimdan  $C$  sharnirgacha bo'lgan



2.12 -rasm

Ta'sir chizig'ining AS oralig'ida bo'lgan kuchlarning teng ta'sir etuvchisini  $R^{chap} = \sum'_{chap}$  deb, VS oralig'idagi kuchlarning teng ta'sir etuvchisini  $R^{o'ng}$  va eng katta ordinata ustidagi kuchni  $R_{kr}$  (kritik yuk) deb qabul qilamiz. Kuchlar sistemasining bu vaziyatida (2.14) shartlarning qanoatlantirishi tekshiramiz. 2.12 rasmda ifodalangan kuchlar sistemasi o'ng yoki chap tomonlarga  $\Delta x$  masofaga siljitganda (2.15) va (2.16) formulalarga asosan aniqlangan  $\Delta S$  orttirma (2.14) shartni qanoatlantirishi kerak. Bunda kuchlar sistemasi o'ng tomonga  $\Delta x$  masofaga siljisa,  $R_{kr}$  kuch o'ng kuchlarning teng ta'sir



2.13 -rasm

etuvchisiga, va aksincha, chap tomonga siljiganda esa chap kuchlarning teng ta'sir etuvchisiga qo'shiladi:

$$\Delta S_{o'ng} = R^{chap} \Delta x \operatorname{tg} \alpha - (R^{o'ng} + R_{kr}) \Delta x \operatorname{tg} \beta < 0$$

$$\Delta S_{chap} = -(R^{chap} + R_{kr}) \Delta x \operatorname{tg} \alpha + R^{o'ng} \Delta x \operatorname{tg} \beta < 0 \quad (2.14')$$

2.13-rasmdan  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{a}$ ;  $\operatorname{tg} \beta = \frac{h}{b}$  bo'ladi. Bu ifodalarni (2.14) tengsizlikka qo'yib hamda uni  $h$  va  $\Delta x$  larga qisqartirib, quyidagini olamiz

$$\frac{R^{chap}}{a} - \frac{R^{o'ng} + P_{kp}}{b} < 0 \quad \text{yoki} \quad \frac{R^{chap}}{a} < \frac{R^{o'ng} + P_{kp}}{b} \quad (2.18)$$

$$\frac{R^{chap} + P_{kp}}{a} + \frac{R^{o'ng}}{b} < 0 \quad \text{yoki} \quad \frac{R^{chap} + P_{kp}}{a} > \frac{R^{o'ng}}{b}$$

(2.18) tengsizliklar harakatlanuvchi kuchlar sistemasining noqulay vaziyatini belgilovchi sharlardir.

Agar qabul qilingan kritik kuch  $R_{kr}$  (2.18) tengsizlikni qanoatlantirmasa, boshqa kuchni  $R_{kr}$  deb qabul qilib (2.18) shartlar yana tekshirib ko'riladi.  $R_{kr}$  kuch aniqlangandan keyin, kuchlar sistemasi  $S$  ta'siri chizig'i ustiga joylashtiriladi va inshootda xosil bo'ladigan zo'riqishning eng katta miqdori  $S_{max}$  (2.6) formulaga asosan xisoblanadi.

$$S_{max} = \sum' y_i - R^{chap} y_1 = R^{o'ng} y_2 = R_{kr} y_{max} \quad (2.19)$$

### Mustaqil ishlash va nazorat savollari:

1. Uch sharnirli sistema turlarini aytib bering?
2. Uch sharnirli sistemalarda tortqich nima uchun qo'yiladi?
3. Uch sharnirli rama (arka) larda tayanch reaksiyalari va tortqichlardagi zo'riqishlar qanday aniqlanadi?
4. Topilgan reaksiyalarning to'g'riligi qanday tekshiriladi?

5. Uch sharnirli rama (arkalar) da qanday ichki zo'riqishlar bo'ladi?
6. Sterjenning eguvchi moment ekstremal qiymatlariga erishgan kesimlarida kesuvchi kuch nimaga teng bo'ladi?
7. To'plama kuch qo'yilgan kesimlarda eguvchi moment va kesuvchi kuch qanday o'zgaradi? Misollar keltiring.
8. Uch sharnirli arkalar ichki zo'riqishlari formulalaridagi oddiy balka uchun eguvchi moment va kesuvchi kuchlar nima?
9. Kesimga juft kuch (moment) qo'yilgan kesimda eguvchi moment va kesuvchi kuch qanday o'zgaradi?
10. Tashqi moment quyilmagan sharnirda eguvchi moment nimaga teng?

## 11-mavzu. Elastik sistemalardagi ko'chishlarni aniqlash

### Reja:

1. Ko'chishlar haqida tushuncha, ko'chishlar va ularni belgilash.
2. Tashqi kuchlarning bajargan ishi, ichki ko'chlarning bajargan ishi

Tayanch so'z va iboralar:

*Kuchning bajara oladigan ishi, ko'chish, berilgan holat, birlik holat, mumkin bo'lgan ko'chish, tashqi yuklar ta'siridan ichki zo'riqishlar, birlik kuch ta'siridan ichki kuchlar, Mor formulasi, rama va balkalarda ko'chish, chiziqli ko'chish, burchakli ko'chish, ishoralar, epyuralarni ko'paytirish, haroratni o'zgarishi, qatlam tolachalarining harorati, chiziqli kengayish koeffitsienti, epyuralar yuzi, cho'kish, reaksiya kuchi*

Tashqi kuchlar, temperatura o'zgarishi yoki tayanchlarning qo'zgalishi ta'sirida inshoot elementlarining geometrik ulchamlari o'zgaradi va bu o'zgarishi deformasiyasi deyiladi. Inshoot deformasiyalanganda uning deyarli hamma nuqtalari uzining koordinatalarini o'zgartirib, yangi vaziyatni oladi.

Deformasiya natijasida inshoot nuqtalarining berilgan holatda yangi holatga utishi ko'chish deyiladi. Masalan, 5.1-rasmda ko'rsatilgan sinik sterjen tashqi kuchlar (yuklar) ta'sirida deformasiyalanib, yangi holatni egallaydi. Ung tayanch V holatdan  $V_1$  holatga ko'chsin. Bu  $VV_1$  ko'chish gorizontol ko'chish deyiladi. A kesim biror burchakka buriladi, S va D tugunlar ham gorizontol ko'chish bilan birga biror burchakka buriladi. Inshoot nuqtalarining ko'chishlari va kesimlarining burilishi burchagini bilan belgilaymiz. Birinchi indek kesim ko'chishining yo'nalishini, ikkinchi -indeks esa bu ko'chishning hosil bo'lish sababini ko'rsatadi. Masalan, 5.1-rasmda ko'rsatilgan sxemada bir necha nuqtalarning ko'chishlarni belgilaymiz:  $\Delta_{1V}$  - V qismning 1-1 yo'nalishi bo'yicha tashqi (R va q) kuchoar ta'sirida ko'chishi;  $\Delta_{2r}$  - D tugunning gorizontol 2-2 yo'nalish bo'yicha tashqi (R va q) kuchlar ta'sirida ko'chishi;  $\Delta_{3r}$  - A kesimning 3-3 yo'nalish bo'yicha R va q kuchlar ta'siridan ko'chishi;  $\Delta_{4r}$  - S tugunning 4-4 yo'nalish bo'yicha R va q kuchlar vujudga keltirgan burilish burchagi.

Deformasiyalanuvchi sistemalar quyidagi xususiyatlarga ega deb qabul kilinadi: 1) sistemaning materiali ideal elastik va chiziqli deformasiyalanuvchi; 2) yuklar ta'sirida sistemaning asosiy ulchamlari deyarli o'zgarmaydi; 3) kuchlar ta'siri Mustaqillik 'rintsi'ga bo'ysunadi; 4) materialning istalgan nuqtasidagi kuchlanish proportsionallik chegarasidan oshmaydi.

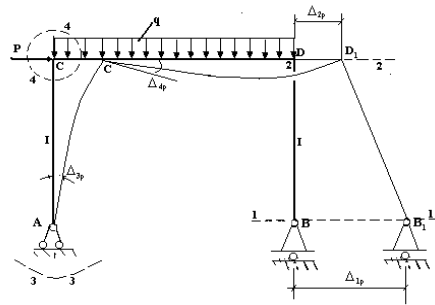
Birlik kuch ( $R=1$ ) ta'siridan vujudga kelgan ko'chishni bilan belgilaymiz va u birlik ko'chish deb ataladi. 5.2-rasmda birlik kuch ta'sirida vujudga kelgan birlik ko'chishlar ko'rsatilgan;  $\delta_{11}$ -birlik  $R_1$  kuch yo'nalishi bo'yicha  $R_1=1$  ta'siridan hosil bo'lgan ko'chish;  $\delta_{21}$  - ikkinchi birlik kuch yo'nalishi bo'yicha  $R_1=1$  ta'siridan vujudga kelgan ko'chish;  $\delta_{31}$  -uchinchi birlik kuch yo'nalishi bo'yicha  $R_1=1$  ta'siridan vujudga kelgan ko'chish. Kuchlar ta'sirining Mustaqillik 'rintsi'ga asosan  $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$  kuchlardan biror  $i$  yo'nalish bo'yicha hosil bo'lgan to'la ko'chish  $\Delta_{ip}$  har bir kuch ta'siridan shu yo'nalish bo'yicha alohida aniqlangan ko'chishlarning yig'indisiga teng:

$$\Delta_{ip} = \delta_{i1}p_1 + \delta_{i2}p_2 + \dots + \delta_{in}p_n = \sum_{k=1}^n \delta_{ik}p_k \quad 5.1$$

Bu formulada to'la ko'chish - tashqi kuchlarga nisbatan chiziqli funktsiyadir.

### Tashqi kuchlarning bajargan ishi.

Agar elastik sistemaga qo'yilgan kuchlar noldan boshlab asta-sekin, bir me'yorda ortib borsa, bunday kuchlar statik qo'yilgan kuchlar deyiladi. Bu tarzda qo'yiladigan kuchlar miqdorining asta-sekin ortishi natijasida elastik inshoot qismlarida hosil bo'ladigan deformasiyaning ushish tezligi juda kichik bo'ladi. SHuning uchun inshootning harakatlanaetgan massalarida hosil bo'ladigan inersiya kuchlarini hisobga olmasa ham bo'ladi. Bu shartga kura, deformasiyalanish jaraenida tashqi kuchlar bilan ichki elastik zo'riqishlar orasida doim muvozanat saqlanadi.



5.1-rasm.

5.3-rasm, ada tasvirlangan sitema statik qo'yilgan Ri kuchning ta'sirida deformasiyalanadi. Elastik sistemada har qanday nuqtalarning ko'chishi (Guk konuniga asosan) uni hosil qiluvchi tashqi kuch miqdoriga tug'ri 'ro'rtsionaldir(5.3-rasm,b):

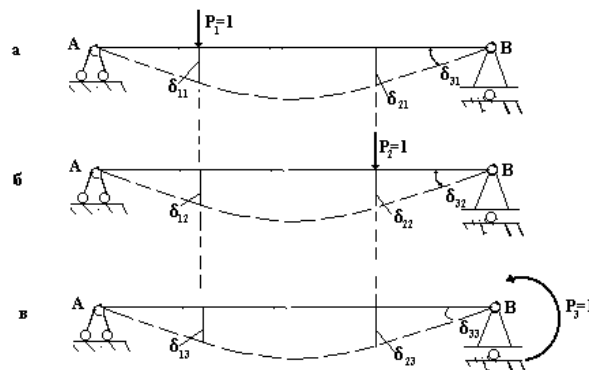
$$\Delta_i = \alpha' \cdot R_i \quad (5.2)$$

bunda  $\Delta_i$ -kuch  $R_i$  dan shu kuch yo'nalishi bo'yicha hosil bo'lgan ko'chish. Bu ko'chish haqiqiy ko'chish deyiladi.  $\alpha$  - inshoot elementlari va ulchamlariga va uning materialiga bogliq bo'lgan koeffisient.

Agar tashqi  $R_i$  kuch miqdoriga cheksiz kichik  $dR_i$  ortirma berilsa, kuch qo'yilgan nuqta qo'shimcha  $d\Delta_i$  miqdorga kuchadi va  $P_i + dP_i$  kuch o'zi qo'yilgan nuqta bilan shu miqdorga siljib ish bajaradi. Bu kuchning  $d\Delta_i$  ko'chishda bajargan elementar ishi:

$$dA = (P_i + dP_i) d\Delta_i = P_i d\Delta_i + dP_i d\Delta_i$$

Bu ifodada  $d^2\Delta_i$  ikkinchi tartibli cheksiz kichik miqdor bo'lgani uchun uni e'tiborga olmasa ham bo'ladi. U holda :



5.2 -rasm.

$$dA = P_i d\Delta_i = \alpha P_i dP_i \quad (5.3)$$

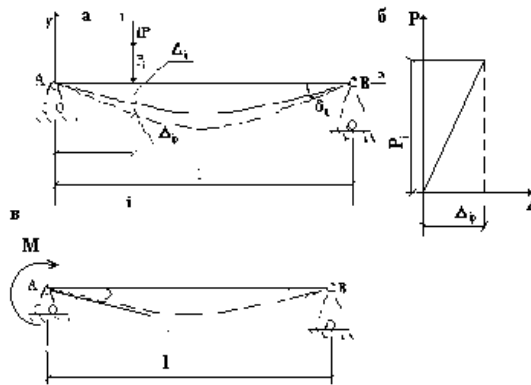
Bu ifodani integrallab, statik qo'yilgan  $R_i$  kuchning tula bajargan ishi miqdorini aniqlaymiz:

$$A = \alpha \int_0^{P_i} P_i dP_i = \frac{\alpha P_i^2}{2} = \frac{P_i \Delta_{ip}}{2} \quad (5.3)$$

A -tashqi kuchning haqiqiy bajargan ishi deb ataladi. SHunday qilib, tashqi kuchning haqiqiy bajargan ishi shu kuchni, uning yo'nalishi bo'yicha hosil bo'lgan ko'chish miqdoriga ko'paytmasining yarmiga teng. Agar sistemaga moment  $M_{ga}$  teng bo'lgan juft kuch statik

ravishda qo'yilgan bo'lsa, uning bajargan haqiqiy ishi yuqorida baen etilgan mulohazaga asosan aniqlanadi (5.3-rasm,v) :

$$A = \frac{M\varphi}{2} \quad (5.3').$$

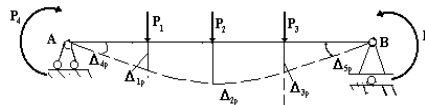


5.3.- rasm.

Bunda  $\varphi$ -juft kuch qo'yilgan ko'ndalang qismining burilish burchagi.

Ish tushunchasini umumlashtirish uchun elastik sistemaga qo'yilgan har kandy faktorlarini ( $R$ ,  $M$  va xokazo) umumlashtirilgan kuch deb karaymiz. Elastik sistemaning deformasiyalangan holatini to'la aniqlaydigan va o'zaro bog'liq bo'lmagan ko'chishlar umumlashtirilgan ko'chishlar deb ataladi.

Umumlashtirilgan ko'chishlar umumlashtirilgan ko'chishlarga mos bo'lishi kerak, ya'ni ularning ko'paytmasining yarmi umumlashtirilgan kuch bajargan ishni berishi lozim. Shunga kura umumlashtirilgan kuch  $R_i$  ga umumlashtirilgan koordinata  $\Delta_i$  va umumlashtirilgan juft kuch momenti  $M_i$  qo'yilgan bo'lsa, unga mos kelgan umumlashtirilgan koordinata bo'ladi. Bundan keyin umumlashtirilgan kuchlarni  $R_i$  umumlashtirilgan koordinatalarni  $\Delta_i$  deb belgilaymiz.



5.4 -rasm.

Agar inshootga statik umumlashtirilgan kuchlar gru'asi qo'yilgan bo'lsa (5.4 -rasm), u holda uning bajargan to'la ishi har bir umumlashtirilgan kuchning o'ziga mos kelgan umumlashtirilgan ko'chishida bajargan ishlar yigindisiga teng bo'ladi.

$$A = \frac{P_1 \Delta_{1p}}{2} + \frac{P_2 \Delta_{2p}}{2} + \dots + \frac{P_5 \Delta_{5p}}{2}, \text{ ya'ni } A = \sum \frac{P_i \Delta_{ip}}{2} \quad (5.4)$$

Demak, elastik sistemaga statik qo'yilgan tashqi kuchlar o'z yo'nalishlari bo'yicha shu kuchlardan hosil bo'lgan ko'chishlarda (5.4) ifoda bilan aniqlanadigan ish bajariladi. Bu ish tashqi kuchlarning bajargan haqiqiy ishi deb atalib, ko'chishlar yo'nalishi ularni vujudga keltiruvchi kuchlar yo'nalishiga mos kelgani uchun hamma vaqt musbat ishorali bo'ladi.

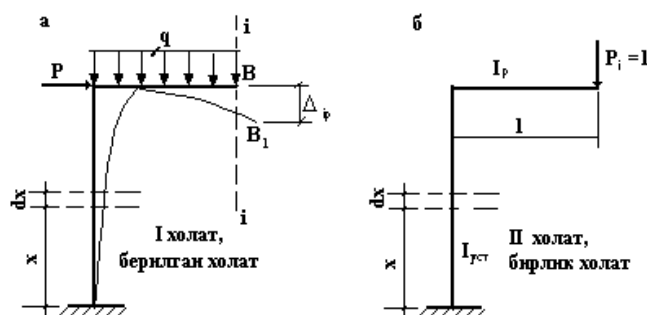
Elastik sistemaga statik ravishda qo'yilgan tashqi kuchlardan va tem'eraturaning o'zgarishidan hosil bo'lgan ko'chishlarni aniqlash formulasini keltirib chikarish yukorida kurilgan kuchning bajara oladigan ishlar teoremasiga asoslangan.

Masalan, 5.12-rasm, a da tasvirlangan tashqi kuchlar ta'siridagi sistemaning biror  $V$  nuqtasidan vertikasi yo'nalishi bo'yicha chiziqli ko'chishi  $\Delta_i$  ni aniqlash kerak bulsin. Bu masalani xal kilishda kuchning bajara oladigan ishlar teoremasini tatbik etamiz. Buning uchun sistemaning ikki holatini tekshiramiz: I holatda berilgan sistema tashqi kuchlar ta'sirida bo'ladi (berilgan holat) ; II holatda esa berilgan sistema tashqi kuchlar ta'siridan ozod kilinadi, unga faqat izlanaetgan ko'chish yo'nalishi bo'yicha birlik kuch  $R_i = 1$  qo'yilgan bo'ladi (5.12-rasm,b).

Birlik kuch qo'yilgan II holatni asosiy holat deb qabul kilamiz va tashqi kuchlar ta'siridan hosil bo'lgan I holatdagi ko'chishlarni mumkin bo'lgan ko'chish deb, (5.20) tenglikni tatbik etamiz. Bunda ikkinchi holatdagi  $R_i = 1$  birlik kuchning I holatdagi tashqi kuchlardan hosil bo'lgan ko'chishda bajara oladigan ishi  $A_{II,I}$  ga II holatga ichki zo'riqish kuchlarining birinchi holatda

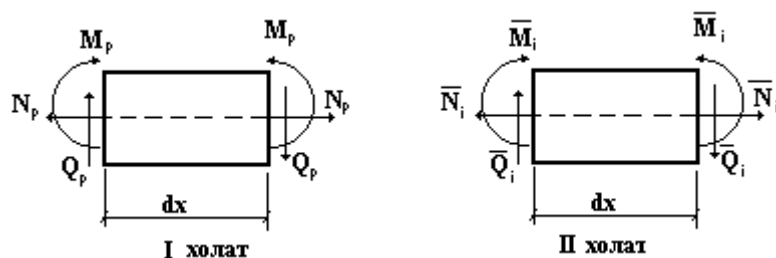
hosil bo'lgan ko'chishlarda bajara oladigan ishi II,I ga teng bo'ladi. Bu bajarilishi mumkin bo'lgan ishlarni aniqlaymiz. II holatdagi birlik kuch  $R_i=1$  izlanayotgan ko'chish  $\Delta_i$  bo'yicha yo'nalganligi sababli, uning bajara oladigan ishi

$$A_{II,I} = 1 \cdot \Delta_i \text{ bo'ladi.} \quad (5.12)$$



5.12-rasm.

II holatdagi ichki zo'riqish kuchlarning bajara oladigan ishi II,I ni aniqlash uchun I va II holatlardan ixtieriy x masofada cheksiz kichik dx uzunlikdagi elementlarni ajratib, ularga tegishli ichki kuchlar ta'sir ettiramiz (5.13-rasm, a va b). I holatdagi ajratilgan elementga tashqi kuchlarning ta'siridan hosil bo'lgan eguvchi moment  $M_r$ , bo'ylama kuch  $N_r$  va ko'ndalang kuch  $Q_r$  qo'yilgan bo'ladi. Bu zo'riqishlarning har birining elementga ta'sirini tekshiramiz. Eguvchi moment  $M_r$  ta'sirida ikki kushni kesimlar bir-biriga nisbatan



5.13-rasm.

$\Delta\varphi$  burchakka buriladi va uning miqdori (5.6) formulaga asosan aniqlanadi:

$$\Delta\varphi = \frac{M_p dx}{EI}. \quad (a)$$

Bo'ylama kuch  $N_r$  ta'sirida esa element  $\Delta dx$  dxikdorga chuziladi. Bu chuzilish Guk konuniga asosan

$$\Delta dx = \frac{N_p dx}{EF}. \quad (b)$$

Ko'ndalang kuch  $Q_r$  ta'sirida elementning chap va ung ko'ndalang kesimlari bir-birlariga nisbatan siljiydi (5.6-rasm,a). Bu siljishning miqdori Guk konuniga asosan

$$\Delta\gamma = \frac{Q_p dx}{GF} \eta. \quad (v)$$

II holatdagi ajratilgan elementga birlik kuch  $R_i=1$  ta'sirida hosil bo'lgan ichki zo'riqish  $M_i$ ,  $N_i$ ,  $Q_i$  lar qo'yilgan bo'ladi. I holatdagi dx elementning  $\Delta\varphi$ ,  $\Delta dx$ ,  $\Delta\gamma$  ko'chishlari II holatdagi zo'riqishlar  $M_i$ ,  $N_i$ ,  $Q_i$  ga nisbatan mos ravishda mumkin bo'lgan ko'chishlar bo'ladi. Bunda II holatdagi sistemaning  $M_i$ ,  $N_i$ ,  $Q_i$  zo'riqish kuchlarining bajara oladigan ishi quyidagicha aniqlanadi:

$$W_{II,I} = \sum_a^b \int_a^b \overline{M}_i \Delta\varphi + \sum_a^b \int_a^b \overline{N}_i \Delta dx + \sum_a^b \int_a^b \overline{Q}_i \Delta\gamma \quad (5.22)$$

bu yerda integral ostidagi ifodalar dx uzunlikdagi element ichki kuchlarning bajara oladigan ishini ifodalaydi. Integrallar a dan, b gacha oraliqdagi element ichki kuchlarining bajara oladigan ishini beradi.  $\sum$  ishora esa, sistemaning hamma oraliqlaridagi ichki kuchlarning bajara oladigan ishlari yigindisini ifodalaydi.

(5.22) formuladagi ko'chishlarni (a), (b) va (v) larga asosan ichki kuchlar orqali yozamiz:

$$W_{II,I} = \sum_{i=1}^n \int_0^{a_i} \overline{N}_i \frac{N_p dx}{EF} + \sum_{i=1}^n \int_0^{a_i} \overline{M}_i \frac{M_p dx}{EI} + \sum_{i=1}^n \mu \int_0^{a_i} \overline{Q}_i \frac{Q_p dx}{GF}. \quad (5.22)$$

(5.20) ga asosan (5.12) va (5.22') ifodalarga bajara oladigan ishlarni bir-biriga tenglashtiramiz:

$$1^* \Delta_i = \sum_{i=1}^n \int_0^{a_i} \overline{N}_i \frac{N_p dx}{EF} + \sum_{i=1}^n \int_0^{a_i} \overline{M}_i \frac{M_p dx}{EI} + \sum_{i=1}^n \mu \int_0^{a_i} \overline{Q}_i \frac{Q_p dx}{GF}. \quad (5.23)$$

Olingan formula elastik sistemalarda tashqi kuchlardan hosil bo'lgan ko'chishlarni aniqlashda kullaniladigan universal formuladir. Bu ifoda Mor formulasi deb ham ataladi.

Universal formula (5.23) yerdamida har kandy sterjenli konsruksiya (rama, ferma, balka va arka) larda hosil bo'lgan ko'chishlarni quyidagi tartibda aniqlash mumkin:

1. Elastik sistemaning har bir oraligida ixtiyoriy kesim uchun tashqi kuchlardan hosil bo'lgan zo'riqish kuchlari  $M$ ,  $N$ , va  $Q$  ning tenglamalari yoziladi (I holat).

Izlanayotgan ko'chish yo'nalishi bo'yicha sistemaga birlik kuch (chiziqli ko'chishni aniqlashda tu'langan birlik kuch, burchakli ko'chish aniqlanganda esa birlik moment) qo'yiladi (II holat) va uning ta'siridan I holat oraliqlariga mos oraliqlarda ixtiyoriy kesim uchun  $\overline{M}_i$ ,  $\overline{N}_i$  va  $\overline{Q}_i$  zo'riqish kuchlarining tenglamalari tuziladi. 3.1 va II holatda hosil bo'lgan zo'riqish  $M$ ,  $N$ ,  $Q$ ,  $\overline{M}_i$ ,  $\overline{N}_i$  va  $\overline{Q}_i$  ning ifodalari (5.23) formulaga qo'yamiz va sistemaning har bir oraliq chegarasida uni integrallab, izlanayotgan ko'chish  $\Delta_i$  ni aniqlaymiz.

Agar ko'chish  $\Delta_{ip}$  ning ishorasi musbat bo'lsa, ko'chishning yo'nalishi birlik kuch yo'nalishi bilan mos keladi, aks holda ularning yo'nalishlari bir-biriga teskari bo'ladi.

Universal formulaning xususiy xollari. 1. Balki va ramalardagi ko'chishlarni aniqlashda ularda hosil bo'ladigan bo'ylama va ko'ndalang kuchlar ta'sirini e'tiborga olmasa ham bo'ladi, chunki ular ta'siridan hosil bo'lgan ko'chish eguvchi moment ta'siridan hosil bo'lgan ko'chishga nisbatan julda kichik. Demak, rama va balkalardagi ko'chishlarni hisoblashda (5.23) formula quyidagi kurinishni oladi:

$$\Delta_{ip} = \sum_{i=1}^n \int_0^{a_i} \overline{M}_i \frac{M_p dx}{EI} \quad (5.24)$$

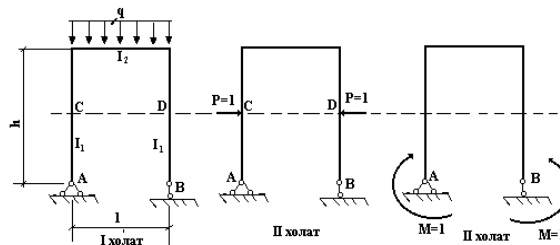
2. Ferma tugunlarining ko'chishi faqat bo'ylama kuch ta'siridan hosil bo'ladi, chunki uning sterjenlarida eguvchi moment va ko'ndalang kuchlar hosil bo'lmaydi. U holda ferma tugunlarining ko'chishi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi :

$$\Delta_i = \sum \int_a^b \frac{N_p \overline{N}_i dx}{EF} = \sum \frac{N_p \overline{N}_i l_i}{EF_i} \quad (5.25)$$

3. Egriligi kichik bo'lgan arkalardagi ko'chishlarni aniqlashda ularda hosil bo'ladigan ko'ndalang kuchni e'tiborga olmasa ham bo'ladi, chunki uning ko'chishga ta'siri kichikdir. Unda arkadagi ko'chishlar quyidagi formula orkali aniqlanadi:

$$\Delta_{ip} = \sum_{i=1}^n \int_0^{a_i} \overline{M}_i \frac{M_p dx}{EI} + \sum \frac{N_p \overline{N}_i ds}{EF_i} \quad (5.26)$$

Elastik sistemalar ikki kesimlarining o'zaro ko'chishlarini ham universal formula (5.23) yerdamida aniqlash mumkin. Masalan, 5.14-rasm, a da tasvirlangan sistema S va D nuqtalarining o'zaro chiziqli ko'chishini aniqlash uchun, uning ikkinchi holati kurilganda bu nuqtalarga ko'chish yo'nalishi bo'yicha bir-biriga karama-karshi yunalgan ikkita birlik kuch qo'yiladi (5.14-rasm, b). Agar sistema A va V kesimlarining o'zaro burchakli ko'chishini aniqlash talab kilinsa, II holatda uning shu kesimlariga qarama-qarshi yo'nalgan birlik momentlari qo'yiladi (5.14-rasm, v).



5.14- rasm

Mustaqil ishlash va nazorat savollari:

1. Ko'chish deganda nimani tushunnasiz?
2. Ko'chish qanday belgilanadi?
3. Ko'chishlar qanday vujudga keladi?
4. Mor formulasini tushuntiring?
5. Vereshchagin formulasini tushuntirib bering?

## 12-mavzu. Statik noaniq sistemalar va ularning xususiyatlari

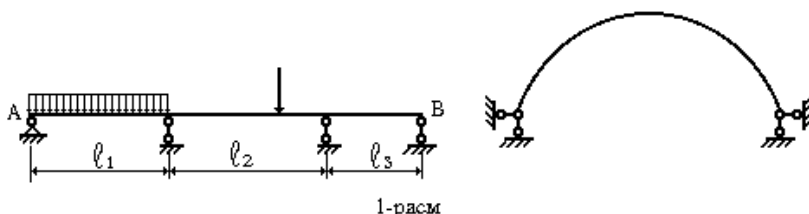
### Reja:

1. Statik noaniq sistemalar va ularning xususiyatlari.
2. Kuch usulining mohiyati.

### Tayanch so'z va iboralar:

*Statik aniqmas, tejamli va biki, iqtisodiy qulay, ortiqcha bog'lanishlar, haroratning o'zgarishi, tayanchlarning cho'kishi, tekis ramalar, tashqi statik aniqmas, ichki statik aniqmas, ortiqcha bog'lanishlar soni, asosiy sistema, ko'chishlar, noma'lum kuchlar, kuchlar ta'sirining mustaqillik printsipi, kanonik tenglamalar mohiyati.*

Qurilish praktikasida statik aniq sistemalar bilan bir qatorda statik aniqmas konstruktsiya va inshootlar Ko'p uchraydi. Masalan: uch prolyotli balka yoki ikki sharnirli arka.



Bu tayanch bog'lovchilaridagi reaksiya kuchlarini yoki ularning zo'riqishlarini statikaning muvozanat tenglamalari orqali aniqlash yetarli emas, shu sababli bunday sistemalarni statik aniqmas

konstruktsiyalar qatoriga kiritiladi. Chunki ularda ortiqcha bog'lanishlar mavjud bo'lib, har bir bog'lanishda noma'lum reaksiya kuchlari vujudga keladi. Noma'lumlarni aniqlash uchun noma'lumlar sonini tenglamalar soniga tenglashtirish uchun qo'shimcha tenglamalar tuzish talab etiladi.

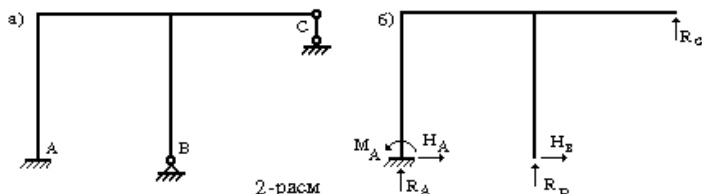
Demak, elementlardagi tashqi kuchlardan hosil bo'ladigan zo'riqish va reaksiya kuchlarini faqatgina statikaning muvozanat tenglamalari yordamida aniqlab bo'lmaydigan sistemalarni **statik aniqmas sterjenli sistemalar** deyiladi.

**Bog'lanish** deganda nuqtalar va kesimlarning o'zaro qo'zg'alishiga qarshilik ko'rsatuvchi har qanday to'siq tushuniladi. «**Ortiqcha**» bog'lanish atamasi bog'lanishlarning «keraksizligini» emas, balki «keragidan ortiqcha» ekanligini anglatadi. Agar statik aniqmas sistemadagi ortiqcha bog'lanishlar tashlab yuborilsa, u holda statik aniq, geometrik o'zgarmas sistema hosil bo'ladi.

Demak, ortiqcha bog'lanishlar soni sistemaning **statik aniqmaslik darajasi** deb ataladi.

Statik aniqmas sistemalarni shartli ravishda tashqi va ichki statik aniqmas sistemalar

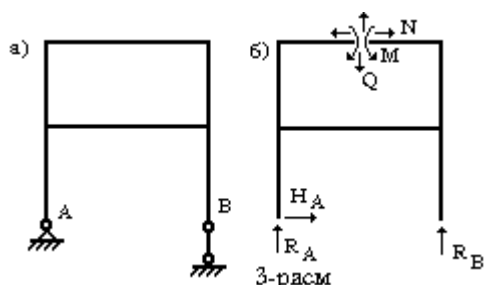
ajratiladi. **Masalan:**



Berilgan aniqmas ramada oltita noma'lum tayanch reaksiya kuchlari ko'rsatilgan. Shulardan uchtasini



statikaning muvozanat tenglamalaridan to'lsa, qolgan uchta statika uchun "ortiqcha" bo'lib qoladi. Ramaning  $V$  va  $S$  tayanchlarini ortiqcha bog'lanish deb qabul qilib tashlab yuborilishi ramaning geometrik o'zgarmasligiga 'utur yetkazmaydi. Aksincha statik aniq sistema hosil bo'ladi. Ortiqcha bog'lanishlar o'rniga reaksiya kuchlar ( $V$ ,  $R_V$ ,  $R_C$ ) ni qo'yamiz. Bu noma'lum reaksiya kuchlarni aniqlash uchun qo'shimcha tenglamalar tuzish taqozo etiladi. Xullas bu ramaning statik aniqmasligi tashqaridan ko'zga tashlanib turibdi. Xulosa qilib aytganda **tashqi statik aniqmas** sistemalarda, noma'lumlarni **tayanch reaksiya kuchlari** deb qabul qilinadi.



3-rasmdan ko'rinib turibdiki, ramaning statik aniqmasligi ko'zga yaqqol tashlanmaydi (3-rasm a.). Bir qarashda statik aniq ramaday tuyuladi. Aslida bu rama tashqi statik aniq, ichki statik aniqmas ramadir.

Geometrik o'zgarmas, statik aniq sistema hosil qilish uchun berilgan ramaning biror yeridan qirqamiz. Qirqimga tushgan kesimning qo'zg'almasligini ta'minlash uchun shu kesimda hosil bo'ladigan ichki

kuchlarni tashqi reaksiya kuchlarini chizamiz. (3-rasm v) Noma'lum tayanch reaksiyalari ( $P_A$ ,  $R_A$ ,  $R_V$ ) statika tenglamalaridan to'lsa, noma'lum ichki kuchlarni qo'shimcha tenglamalardan to'iladi. Xulosa qilib aytganda **ichki statik aniqmas** sistemalarda, noma'lumlarni **elementlarni o'zida yoki ichki zo'riqishlar** deb qabul qilinadi.

Statik aniqmas sistemalar haqida to'la ma'lumotga ega bo'lish uchun qanday **xossalarga** ega ekanligini bilish zarur. Ya'ni:

1. Statik aniqmas sistemalar tarkibida ortiqcha bog'lanishlarning mavjudligi tufayli o'ziga mos statik aniq sistemaga nisbatan bikrligi yuqoriroq bo'ladi.
2. Statik aniqmas sistemalar o'ziga mos statik aniq sistemalarga nisbatan tejamliroq bo'ladi.
3. Statik aniqmas sistemalardan biror ortiqcha bog'lanishning shikastlanishi inshootning butunlay ishdan chiqishiga olib kelmaydi. Statik aniq sistemalarda birorta bog'lanish buzilsa, inshoot butunlay ishdan chiqaradi.
4. Statik aniqmas sistemalarda haroratning o'zgarishi va tayanchlarning cho'kishi natijasida qo'shimcha zo'riqishlar 'aydo bo'ladi. Sistema elementlarining uzunligidagi farqlari, elementlarni yig'ishda yo'l qo'lgan ba'zi aniqmasliklar ham sistemada qo'shimcha zo'riqishlarni hosil qiladi.
5. Statik aniqmas sistema elementlarida boshlang'ich zo'riqish kuchlari bo'lishi mumkin. Statik aniq sistemalarda esa bu zo'riqishlar nolga teng bo'ladi.
6. Statik aniqmas sistemalarni hisoblashdan oldin, ularning elementlarining uzunliklari va ko'ndalang kesimining shakli belgilangan bo'lishi kerak. Agar bu o'lchamlar elementning mustahkamlik shartlarini qanoatlantirmasa, u holda elementlar ko'ndalang kesimlarining yangi o'lchamlarini belgilab, konstruksiya qaytadan hisoblashga to'g'ri keladi.

Statik aniqmas sistemalarni xossalari bilan tanishganimizdan so'ng ularni hisoblash usullarini ko'rib chiqamiz.

1. **Kuchlar usuli.** Bu usulda sistemaning ortiqcha bog'lovchilarida hosil bo'ladigan zo'riqish noma'lum zo'riqishlar deb qabul qilinadi.
2. **Ko'chishlar usuli.** Bu usulda statik aniqmas sistema tugunlarining chiziqli va burchakli ko'chishlari noma'lum deb qabul qilinadi.
3. **Aralash usul.** Aralash usulda sistemaning bir qismida ortiqcha bog'lovchilarning zo'riqish kuchlari, qolgan qismida esa sistema tugunlarining ko'chishlari noma'lum deb qabul qilinadi. Demak, ramaning bir qismi uchun kuchlar usuli, ikkinchi qismi uchun esa ko'chishlar usuli tatbiq qilinadi.
4. **Ketma-ket muvozanatlash usuli.** Bu usul ko'chishlar usulining takamillashtirilgan ko'rinishidir. Statik aniqmas sistemalarni hisoblashda elektron hisoblash mashinalaridan foydalanish uchun yuqoridagi usullarni matritsa formasida ifodalash kerak.

Statik aniqmas sistemalarni hisoblashni kuchlar usulidan boshlaymiz. Bu usul qadimiy va ‘uxta ishlangan usullardan biri bo’lib, qamrovining kengligi, o’zlashuvining osonligi bilan boshqa usullardan ajralib turadi.

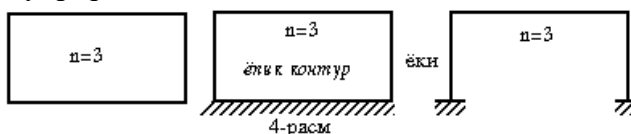
**Statik aniqmaslik darajasini aniqlash.** Kuchlar usulining harakterli xossalaridan biri, statik aniqmas sistemani aniqmaslik darajasini aniqlashdir. Statik aniqmaslik darajasi qancha kam bo’lsa, uni hisoblash shuncha oson bo’ladi. Statik aniqmas sistemani ortiqcha bog’lavchilar soni  $n$  – quyidagicha aniqlanadi:

$$n = C_T + 2III + 3D, \quad (1)$$

bunda  $C_T$  – tayanch reaksiya kuchining soni,  $III$  – oddiy sharnirlar soni,  $D$  – statik aniq disklar soni.

Statik aniqmas sistemalarni aniqmaslik darajasini belgilash uchun quyidagi mulohazalarga asoslanib, uning yangi ifodasini olamiz.

1. To’g’ri to’rtburchakli yopiq konturli rama uchun:



Berilgan yopiq konturli ramaning aniqmaslik darajasi uchga teng (4-rasm). Yani;

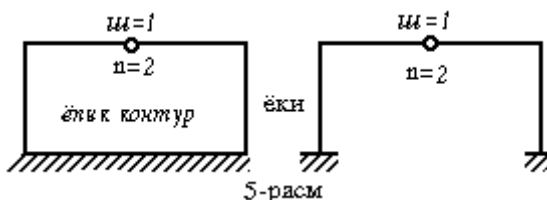
$$n = 3K = 3 \cdot 1 = 3 \quad (2)$$

bunda  $K$ - yopiq kontur soni.

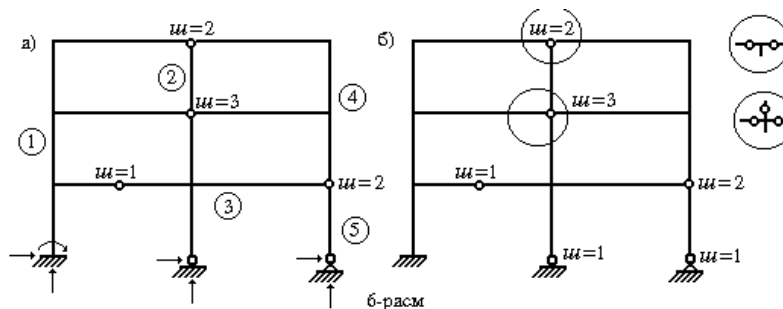
2. Agar yopiq konturli elementlaridan biriga sharnir kiritilsa, u holda ramaning statik aniqmaslik darajasi bittaga kamaytiriladi. Demak, xulosa qilib aytganda konturli ramalarning statik aniqmaslik darajasi  $n$  – quyidagicha aniqlanadi:

$$n = 3K + III \quad (3)$$

bunda  $K$ -yopiq konturlar soni,  $SH$ - oddiy sharnirlar soni.



Masalan, berilgan ramaning statik aniqmaslik darajasini (1) va (3) formulalarga asosan aniqlasak, (1) formulaga asosan tayanch reaksiya kuchlarini soni  $S_T=7$ , oddiy sharnirlar soni  $SH=7$ , disklar soni  $D=5$ , u holda  $n=C_T+2III+3D=7+2 \cdot 8-3 \cdot 5=8$  bo’ladi. (6-rasm a). (3) formulga asosan, berilgan ramaning statik aniqmaslik darajasini aniqlaymiz. Ramada yopiq konturlar soni  $K=6$ , oddiy sharnirlar soni  $SH=10$ , u holda  $n=3K-III=3 \cdot 6-10=8$  (6-rasm b). Demak, berilgan rama sakkiz marta statik aniqmasdir.



**Kuchlar usulining asosiy sistemasini tanlash.** Har qanday statik aniqmas sistemaning hisobi uning aniqmaslik darajasini aniqlashdan boshlanadi. SHundan so’ng **asosiy sistema** tanlanadi.

Berilgan sistemaning asosiy sistemalari bir nechta bo'lishi mumkin. Hisoblash uchun shularning ichidan eng qulayi tanlab olinadi. Keyingi hisoblar ana shu tanlangan sistema ustida olib boriladi.

***Xo'sh, asosiy sistemaning o'zi nima va u qanday hosil qilinadi?***

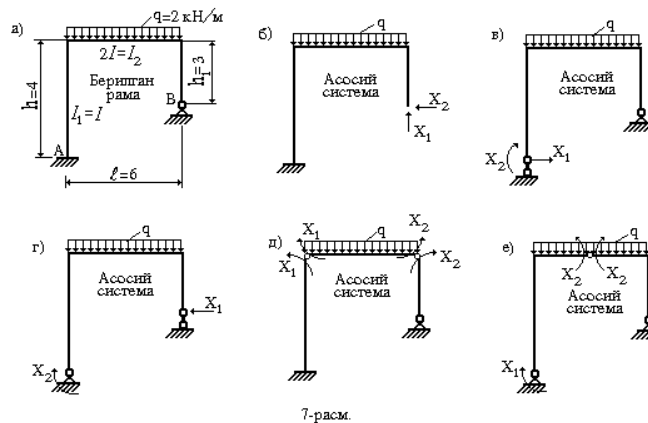
**Asosiy sistema** statik aniq va geometrik o'zgarmas bo'lib, u berilgan sistemadagi ortiqcha bog'lanishlarni tashlab yuborish yo'li bilan hosil qilinadi.

Asosiy sistemani hosil qilishning uch xil yo'li bor.

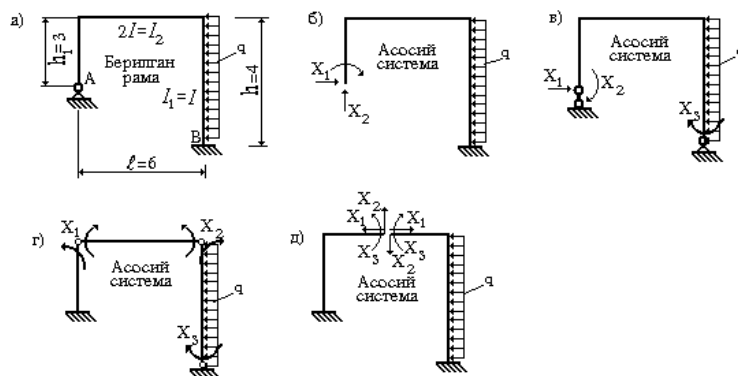
- ortiqcha deb qabul qilingan tayanchlar yoki tayanch reaksiya kuchlaridan birini tashlab yuborish orqali;
- berilgan sistemaga sharnirlar kiritish yo'li bilan;
- berilgan sistemani biror element kesmini qirqish yuli bilan.

Har uchala holda qam amalda ortiqcha bog'lanishlar tashlab yuborilgan deb hisoblanadi. SHundan so'ng, berilgan sistemaning dastlabki muvozanat holatini tiklash maqsadida yo'qotilgan bog'lanishlar o'rniga ularning vazifasini bajaruvchi noma'lum kuchlar  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ , va hokazo qo'yiladi (7, 8-rasm).

Birinchi holda tashqi statik aniqmas rama uchun asosiy sistema variantlarini tanlashni ko'rib chiqamiz (7-rasm). Berilgan statik aniqmas rama uchun tuzilgan asosiy sistemalarga izoh beramiz. Rama ikki marta statik aniqmas, shuning uchun unga besh xil asosiy sistema tasvirlangan. 7-rasm b-da sharnirli qo'zg'almas tayanch tashlab yuborilib, uning o'rniga tayanch reaksiyalari  $X_1$  va  $X_2$  qo'yilgan. 7-rasm v-da chap qistirib mahkamlangan tayanch sharnirli qo'zg'aluvchi tayanch bilan almashtirilgan. Tashlab yuborilgan bog'lanishlar o'rniga reaksiya kuchlari qo'yilgan. 7-rasm d-da ramaning chap va o'ng bokr tugunlarga sharnirlar kiritilgan va sharnirlar tufayli yo'qotilgan bog'lanishlar o'rniga moment  $X_1$  va  $X_2$  qo'yilgan. 7-rasm e-da chap qistirib mahkamlangan tayanch sharnirli qo'zg'aluvchi tayanch bilan almashtirilgan va rama rigeliga sharnir kiritilgan. Tashlab yuborilgan bog'lanishlar o'rniga moment  $X_1$  va  $X_2$  qo'yilgan. Beshta asosiy sistema ham geometrik o'zgarmas, statik aniqdir. Hisoblash ishlari uchun ular ichidan istalgan sistemani tanlab olish mumkin. Beshta holda ham hisob natijalari bir xil chiqaveradi. Biroq 7-rasm b-da tasvirlangan asosiy sistema bular ichida eng maqbulidir. CHunki bunday sistemaning  $M$  epyuralarini qurish va ko'chishlarni aniqlash boshqalariga nisbatan birmuncha qulay.



Ikkinchi holda uch noma'lumli ichki statik aniqmas ramaning to'rt xil asosiy sistemasi ko'rsatilgan. Bularning dastlabki uchtasi avvalgi ramaga o'xshab ketadi (8-rasm b, v, g). Oxirgisi qirqish usulida hosil qilingan. Qirqilgan kesimga tashqi kuchlar ta'sirida shu kesimda hosil bo'ladigan ichki kuchlar, bo'ylama  $X_1$ , ko'ndalang kuch  $X_2$ , va eguvchi moment  $X_3$  lar qo'yilgan. Bu to'rt asosiy sistemaning birinchi va oxirgisi hisoblash uchun qulaydir.



8-рasm.

**Kuchlar usulining kanonik tenglamalari.** Asosiy sistemalarda ortiqcha bog'lanishlar noma'lum kuchlar bilan almashtirilgandan keyin, endigi vazifamiz ana shu noma'lum kuchlarni aniqlashdan iborat bo'ladi. Buning uchun statika tenglamalariga qo'shimcha ravishda **kanonik** tenglamalar tuzamiz. Kanonik tenglamalarni tuzish tartibini 7-rasm b-da ko'rsatilgan ikki noma'lumli rama misolida ko'rib chiqamiz.

Berilgan ramada sharnirli qo'zg'almas tayanchning markazi  $V$  vertikal va gorizontallik yo'nalishlarda qo'zg'almasdir, ya'ni uning shu yo'nalishlardagi ko'chishlari nolga tengdir. Bunday shart asosiy sistemada ham saqlanib qolishi lozim, ya'ni  $V$  nuqtasining vertikal va gorizontallik ko'chishlarinolga teng bo'lishi zarur.

$$\Delta_{x_1} = 0; \quad \Delta_{x_2} = 0; \quad (4)$$

bu yerda  $\Delta_{x_1}$  – sterjen uchi S ning  $X_1$  kuch yo'nalishidagi ko'chishi;

$\Delta_{x_2}$  – shu nuqtaning  $X_2$  kuchi yo'nalishdagi ko'chishi.

Har ikkala ko'chish  $X_1$  va  $X_2$  kuchlari hamda tashqi yuklar ta'sirida vujudga keladi.

Kuchlar ta'sirining mustahkamligi qoidasidan foydalanib, (4) ni aloqida ko'chishlar yig'indisi sifatida ifodalaymiz.

$$\begin{aligned} \Delta_{x_1 x_1} + \Delta_{x_1 x_2} + \Delta_{x_1 P} &= 0; \\ \Delta_{x_2 x_1} + \Delta_{x_2 x_2} + \Delta_{x_2 P} &= 0; \end{aligned} \quad (5)$$

Bu yerda ko'chishlarga qo'yilgan birinchi indekslar ko'chishning yo'nalishini, ikkinchi indekslar esa shu ko'chishni yuzaga keltiruvchi sababni bildiradi.

Endi  $X_1$  va  $X_2$  kuchlarni ta'sirida hosil bo'lgan ko'chishlarni Guk qonuniga asosan birlik ko'chishlar orqali ifoda etamiz.

$$\Delta_{x_1 x_1} = x_1 \delta_{11}; \quad \Delta_{x_1 x_2} = x_2 \delta_{12}; \quad \Delta_{x_2 x_1} = x_1 \delta_{21}; \quad \Delta_{x_2 x_2} = x_2 \delta_{22};$$

Bularni (5) tenglamaga qo'ysak, ikki noma'lumli sistema uchun kuchlar usulining kanonik tenglamalari kelib chiqadi:

$$\begin{aligned} \delta_{11} X_1 + \delta_{12} X_2 + \Delta_{1P} &= 0; \\ \delta_{21} X_1 + \delta_{22} X_2 + \Delta_{2P} &= 0; \end{aligned} \quad (6)$$

Bu yerda  $\delta_{11}$  -  $X_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $X_1 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'lgan ko'chishi;

$\delta_{12}$  -  $X_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $X_2 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'lgan ko'chishi;

$\Delta_{1P}$  -  $X_1$  kuchi yo'nalishida,  $\Delta_{2P}$  -  $X_2$  kuchi yo'nalishida tashqi kuchlar ta'sirida hosil bo'lgan ko'chish.

Agar (6) da ifodalangan kanonik tenglamalarning tuzilishiga jiddiy e'tibor bersak, uning yozilishida ma'lum qonuniyat borligini 'ayqash qiyin emas. SHu qonuniyatdan foydalanib sistemaning statik aniqmaslik darajasiga qarab, kanonik tenglamalarni keragicha tuza olamiz. Masalan berilgan sistema  $n$  marta statik noanik bo'lsa u holda kanonik tenglamalar soni ham  $n$  ta bo'ladi.



7. Tenglamalar sistemasini yechish va noma'lumlarni aniqlash.
8. Tuzatilgan birlik epyuralarini chizish
9. Yakuniy eguvchi moment epyurasini chizish.
10. Ko'ndalang va bo'ylama kuchlar epyuralarini chizish.
11. Epyuralarning to'g'riligini tekshirish

#### Tayanch so'z va iboralar.

*Birlik epyura, tashqi yuk epyurasi, birlik ko'chish, koeffitsient, tashqi yuklardan ko'chish, ozod had, Mor formulasi, Vereshchagin usuli, tekshirish, noma'lumlar, sistemani yechish.*

Ma'lumki, kanonik tenglamalarning koeffitsienti va ozod hadlari ko'chishlardir. SHuning uchun ularni aniqlashda ko'chishlar nazariyasidan foydalanamiz. Kanonik tenglamalarning koeffitsienti va ozod hadlarini aniqlangandan keyin, kanonik tenglamalarni noma'lum kuchlari va momentlar aniqlanadi.

Ko'chishlar nazariyasiga asosan birlik ko'chishlar quyidagi formula asosida to'iladi.

$$\delta_{ii} = \sum_{i=1}^n \int_0^{\ell} \frac{\overline{M}_i^2}{EI} dx; \quad \delta_{ik} = \delta_{ki} = \sum_{i=1}^n \int_0^{\ell} \frac{\overline{M}_i \cdot \overline{M}_k}{EI} dx; \quad \delta_{kk} = \sum_{i=1}^n \int_0^{\ell} \frac{\overline{M}_k^2}{EI} dx; \quad (8)$$

Bu yerda  $\overline{M}_1$  -asosiy sistemaning istalgan kesmidagi birlik kuch  $X_1=1$  dan hosil bo'ladi.gan moment;

$\overline{M}_2$  -o'sha kesimda  $X_2=1$  kuchidan hosil bo'lgan moment;  $n$  – ramadagi noma'lumlar soni.

Tashqi yuklardan hosil bo'lgan ko'chishlar quyidagi farmullardan to'iladi.

$$\Delta_{ip} = \sum_{i=1}^n \int_0^{\ell} \frac{\overline{M}_i M_p}{EI} dx; \quad (9)$$

Kanonik tenglamalar sistemasidagi noma'lumlar oldidagi birlik ko'chishlar (koeffitsentlar) va ozod hadlarni aniqlash uchun Mor formulasi yoki Vereshchagin usulidan foydalanamiz.

Misol tariqasida 7-rasmda ko'rsatilgan ramani kuchlar usulida hisoblashni ko'rib chiqamiz.

Statik aniqmas elastik sistemalar (ramalar) kuchlar usuli bilan yuqoridagi fikrlarimizga asosan quyidagi taratibda hisoblanadi.

1. **Ramalarining statik aniqmaslik darajasi**, ya'ni ortiqcha bog'lanishlar soni (1) va (3) formulalarga asosan quyidagicha to'iladi.  $n = C_T + 2III - 3D = 5 + 2 \cdot 0 - 3 \cdot 1 = 2$ ;

2. **Rama ortiqcha bog'lanishlardan ozod qilib, asosiy sistema tanlaymiz.**

Asosiy sistemaga qo'yilgan ortiqcha noma'lumlarning yo'nalishi bo'yicha tashqi yuklar va noma'lumlar ta'siridan hosil bo'lgan ko'chishlar yig'indisining nolga tengligini ifodalovchi **kanonik tenglamalar sistemasi** (6) asosan quyidagicha yoziladi.

$$\delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \Delta_{1P} = 0;$$

$$\delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \Delta_{2P} = 0;$$

3. Kanonik tenglamalar sistemasida noma'lumlar oldidagi birlik ko'chishlar (koeffitsientlar) va ozod hadlar aniqlanadi. Buning uchun birlik kuchlar ta'sirida eguvchi mament epyurasi quriladi (7 rasm v, g).

$$\begin{aligned} \delta_{11} &= \sum \frac{\omega_i y_i}{EI_i} = \frac{\omega_1 y_1}{EI} + \frac{\omega_2 y_2}{EI_2} = \frac{6 \cdot 6}{2 \cdot 2 \cdot EI} \cdot \frac{2}{3} 6 + \frac{6 \cdot 4 \cdot 6}{EI} = \frac{36}{EI} + \frac{144}{EI} = \frac{180}{EI} \\ \delta_{12} &= \delta_{21} = \sum \frac{\omega_i y_i}{EI_i} = \frac{\omega_1 y_4}{EI_1} + \frac{\omega_2 y_7}{EI_2} = \frac{6 \cdot 6}{2 \cdot 2 \cdot EI} \cdot 3 + \frac{6 \cdot 4 \cdot 1}{EI} = -\frac{27}{EI} - \frac{24}{EI} = -\frac{51}{EI} \\ \delta_{22} &= \sum \frac{\omega_i y_i}{EI_i} = \frac{\omega_3 y_3}{EI_1} + \frac{\omega_4 y_4}{EI_2} + \frac{\omega_5 y_5}{EI_1} + \frac{\omega_6 y_6}{EI_1} = \frac{3 \cdot 3}{2 \cdot EI} \cdot \frac{2}{3} 3 + \frac{6 \cdot 3 \cdot 3}{2 \cdot EI} + \frac{3 \cdot 3}{2 \cdot EI} \cdot \frac{2}{3} 3 + \frac{1 \cdot 1}{2 \cdot EI} \cdot \frac{2}{3} 1 = \\ &= \frac{9}{EI} + \frac{27}{EI} + \frac{9}{EI} + \frac{0.33}{EI} = \frac{45.33}{EI} \end{aligned}$$

$$\Delta_{1p} = \sum \frac{\omega_i y_i}{EI_i} = \frac{\omega_{p1} y_{p1}}{2EI_2} + \frac{\omega_{p2} y_{p2}}{EI_1} = -\frac{36 \cdot 6 \cdot 4.5}{6EI} - \frac{36 \cdot 4 \cdot 6}{EI} = -\frac{162 + 864}{EI} = -\frac{1026}{EI}$$

$$\Delta_{2p} = \sum \frac{\omega_i y_i}{EI_i} = \frac{\omega_{p1} y_{p1}}{2EI} + \frac{\omega_{p2} y_{p2}}{EI_1} = \frac{36 \cdot 6 \cdot 3}{2 \cdot 3EI} + \frac{36 \cdot 4 \cdot 1}{EI} = \frac{252}{EI}$$

To'g'ri yechimga ega bo'lish uchun ko'chishlar to'g'ri to'ilgan bo'lishi kerak. Ularni to'g'ri yoki noto'g'ri to'ilganligini tekshirishni ikki xil usuli bor: ya'ni **qatorma-qator** yoki **yal'i** tekshirish.

Tekshirish uchun birlik epyuralarni qo'shib, yig'indi epyura  $\bar{M}_{12}$  quriladi 9 rasm v. **Qatorma-qator** tekshirish quyidagi formula asosida amalga oshiriladi:

$$(\delta_{11} + \delta_{12}) = \sum_{i=1}^n \int_0^l \frac{\bar{M}_1 \cdot \bar{M}_{12}}{EI} dx \quad (10)$$

ya'ni kanonik tenglamaning birinchi qatoridagi koeffitsienlar  $\bar{M}_1$  va  $\bar{M}_{12}$  epyuralarining Ko'paytmasiga teng chiqsa, u holda bu ko'chishlar to'g'ri to'ilgan bo'ladi. Xuddi shuningdek, tenglamani ikkinchi qatori ham tekshiriladi.

$$(\delta_{21} + \delta_{22}) = \sum_{i=1}^n \int_0^l \frac{\bar{M}_2 \cdot \bar{M}_{12}}{EI} dx \quad (11)$$

Yal'i tekshirishda barcha koeffitsientlar yig'indisi  $\bar{M}_{12} \cdot \bar{M}_{12}$  Ko'paytmasiga teng bo'lishi zarur, ya'ni:

$$(\delta_{11} + \delta_{12}) + (\delta_{21} + \delta_{22}) = \sum_{i=1}^n \int_0^l \frac{\bar{M}_{12}^2}{EI} dx \quad (12)$$

Endi to'ilgan koeffitsientlarni Vereshchagin usulidan foydalanib to'liq tekshiramiz:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \int_0^l \frac{\bar{M}_{12}^2}{EI} dx &= \frac{3 \cdot 3}{2EI} \cdot \frac{2}{3} \cdot 3 + \frac{3 \cdot 3}{2 \cdot 2EI} \cdot \frac{2}{3} \cdot 3 + \frac{3 \cdot 3}{2 \cdot 2EI} \cdot \frac{2}{3} \cdot 3 + \frac{3 \cdot 4 \cdot 5}{EI} + \frac{4 \cdot 4 \cdot 5,667}{2EI} = \\ &= \frac{9 + 4,5 + 4,5 + 60 + 45,33}{EI} = 123,33 \end{aligned}$$

Birlik ko'chishlarni yig'indisini hisoblaymiz:

$$(\delta_{11} + \delta_{12}) + (\delta_{21} + \delta_{22}) = \frac{180 - 51 - 51 + 45,33}{EI} = 123,33$$

Ko'paytma yig'indiga teng chiqdi. Demak, ko'chishlar to'g'ri to'ilgan.

Endi birinchi qator koeffitsientlarini tekshiramiz. Buning uchun  $\bar{M}_1$  va  $\bar{M}_{12}$  epyurasini ko'paymasini hisoblaymiz.

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \int_0^l \frac{\bar{M}_1 \cdot \bar{M}_{12}}{EI} dx &= \frac{6 \cdot 6 \cdot 1}{2 \cdot 2EI} + \frac{6 \cdot 4 \cdot 5}{EI} = \frac{129}{EI} \\ (\delta_{11} + \delta_{12}) &= \frac{180}{EI} - \frac{51}{EI} = \frac{129}{EI} \end{aligned}$$

Bu yerda ham yig'indi ko'paytmaga teng chiqdi. Navbatda ikkinchi qator koeffitsientlarini tekshiramiz. Buning uchun  $\bar{M}_2$  va  $\bar{M}_{12}$  epyurasini ko'paymasini hisoblaymiz.

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \int_0^l \frac{\bar{M}_2 \cdot \bar{M}_{12}}{EI} dx &= \frac{3 \cdot 3}{2EI} \cdot \frac{2}{3} \cdot 3 + \frac{3 \cdot 3 \cdot 3}{2 \cdot 2EI} - \frac{3 \cdot 3 \cdot 3}{2 \cdot 2EI} - \frac{3 \cdot 3 \cdot 4}{2EI} + \frac{1 \cdot 1 \cdot 6 \cdot 4}{2EI} = \frac{9 - 18 + 3,33}{EI} = -5,67 \\ (\delta_{21} + \delta_{22}) &= -\frac{51}{EI} + \frac{45,33}{EI} = -\frac{5,67}{EI} \end{aligned}$$

Bu yerda ham yig'indi ko'paytmaga teng chiqdi. Shunday bo'lishi ham kerak edi.

Nihoyat ozod hadlarini tekshiramiz. Ya'ni ozod hadlar yig'indisi  $\Delta_{1p} + \Delta_{2p}$ ,  $\bar{M}_{12}$  epyura bilan  $M_p$  epyurasining ko'paytmasiga teng bo'lishi kerak. Bu shartning bajarilishi ozod hadlarning to'g'ri to'ilganligi anglatadi.

$$\Delta_{1p} + \Delta_{2p} = \sum_{i=1}^n \int_0^l \frac{\bar{M}_{12} M_p}{EI} dx$$

$$\sum_{i=1}^n \int_0^l \frac{\bar{M}_{12} M_p}{EI} dx = -\frac{6 \cdot 36 \cdot 1.5}{3 \cdot 2EI} - \frac{36 \cdot 4 \cdot 5}{EI} = -\frac{774}{EI}$$

$$\Delta_{1p} + \Delta_{2p} = -\frac{1026}{EI} + \frac{252}{EI} = -\frac{774}{EI}$$

Ko'chishlar, ya'ni koeffitsientlar va ozod hadlar to'g'ri to'ilganiga ishonch hosil qilingach, ularni kanonik tenglamalarga qo'yamiz. Tenglamalarni birgalikda yechib, noma'lum kuchlarni aniqlaymiz:

$$\begin{aligned} 180X_1 - 51X_2 - 1026 &= 0 \\ -51X_1 + 45,33X_2 + 252 &= 0 \\ 9180X_1 - 2601X_2 - 52326 &= 0 \\ -9180X_1 + 7799,4X_2 + 45360 &= 0 \\ 5198,4X_2 - 6966 &= 0 \\ X_2 &= \frac{6966}{5198,4} = 1,3 \text{ } \kappa H \\ 180X_1 - 51 \cdot 1,3 - 1026 &= 0 \\ 180X_1 - 1092,3 &= 0 \\ X_1 &= \frac{1092,3}{180} = 6,06 \text{ } \kappa H \end{aligned}$$

**Statik aniqmas ramalarning  $M, Q$  va  $N$  epyuralarini qurish.** Kanonik tenglamalardan ortiqcha noma'lumlar  $X_1, X_2, X_3, \dots$  va x.k. aniqlangach, ramaning natijaviy, ya'ni tugallangan  $M$  epyurasi quriladi. Istalgan kesimdagi moment qiymati kesish va qo'shish usullarida aniqlanadi.

Tashqi yuklarni va aniqlangan  $X_1$  hamda  $X_2$  zo'rishqishlarini asosiy sistemaga tegishli yo'nalish bo'yicha ta'sir ettirib, uni oraliqlarga bo'lamiz (10-rasm).

1 oraliq  $0 \leq x_1 \leq 3 \text{ } m$

$$M_{x_1} = -X_2 \cdot x_1; \quad Q_{x_1} = X_2$$

$$N_{x_1} = -X_1$$

$$x_1 = 0 \quad M_4 = 0$$

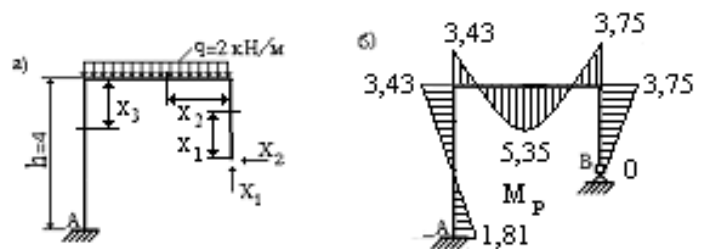
$$x_1 = 3 \quad M_3 = -1,3 \cdot 3 = -3,9$$

$$Q_4 = Q_3 = 1,3 \text{ } \kappa H$$

$$N_4 = N_3 = -6,06 \text{ } \kappa H$$

2 oraliq  $0 \leq x_2 \leq 6 \text{ } m$

$$M_{x_1} = X_1 \cdot x_2 - \frac{q \cdot x_2^2}{2} - X_2 \cdot 3; \quad Q_{x_2} = -X_1 + q \cdot x_2; \quad N_{x_2} = -X_2;$$



10-расс



$$x_2 = 0 \quad M_3 = -X_2 \cdot 3 = -3,9$$

$$x_2 = 3 \quad M_{yp} = 6,06 \cdot 3 - \frac{2 \cdot 3^2}{2} - 1,3 \cdot 3 = 18,18 - 9 - 3,9 = 5,28 \text{ } \kappa H$$

$$x_2 = 6 \quad M_2 = 6,06 \cdot 6 - \frac{2 \cdot 6^2}{2} - 1,3 \cdot 3 = 36,36 - 36 - 3,9 = -3,54 \text{ } \kappa H$$

$$x_2 = 0 \quad Q_3 = -X_1 = -6,06 \text{ } \kappa H$$

$$x_2 = 6 \quad Q_2 = -6,06 + 2 \cdot 6 = 5,94 \text{ } \kappa H$$

$$N_3 = N_2 = -1,3 \text{ } \kappa H$$

3 oraliq  $0 \leq x_3 \leq 4 \text{ } m$

$$M_{x_3} = X_1 \cdot 6 - \frac{q \cdot 6^2}{2} - X_2(3 - x_3) \quad Q_{x_3} = -X_2; \quad N_{x_3} = X_1 - q \cdot 6$$

$$x_3 = 0 \quad M_2 = 6,06 \cdot 6 - \frac{2 \cdot 6^2}{2} - 1,3 \cdot 3 = 36,36 - 36 - 3,9 = -3,54 \text{ } \kappa Hm$$

$$x_3 = 4 \quad M_1 = 6,06 \cdot 6 - \frac{2 \cdot 6^2}{2} + 1,3 \cdot 1 = 36,36 - 36 + 1,3 = 1,66 \text{ } \kappa Hm$$

$$Q_{x_3} = -1,3 \text{ } \kappa H;$$

Ramani istalgan kesmini eguvchi natijaviy eguvchi moment epyurasini qurish uchun epyuralarni qo'shish usulidan foydalanamiz.

$$M = M_p + X_1 \cdot \bar{M}_1 + X_2 \cdot \bar{M}_2 + \dots + X_n \cdot \bar{M}_n \quad (13)$$

Bu yerda  $M_p$  -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 to'rish uchun  $\bar{M}_1$  momentini  $X_1$  ga ko'paytiramiz, ya'ni  $X_1$  ta'siridagi haqiqiy moment  $X_1 \cdot \bar{M}_1$  bo'ladi. Bu

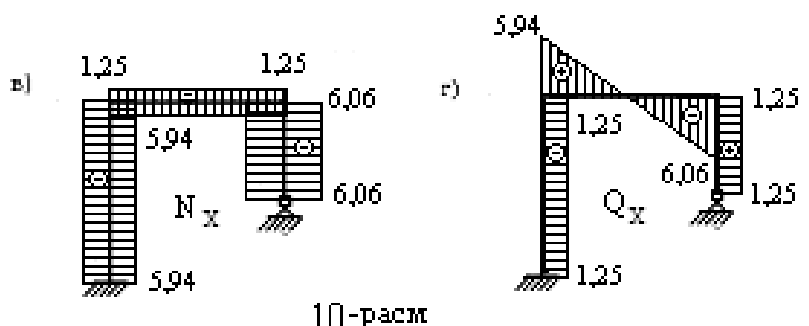
qoida boshqa noma'lumlar  $X_2, X_3, X_4, \dots, X_n$  ga ham tegishlidir.

Yuqorida ko'rilgan masalani shu tariqa  $M$  epyurasini quramiz. Ramaning eguvchi momentlar epyurasi hamma vaqt sterjenning tolalari cho'zilgan tomonga chizilishini eslatib o'tamiz (10-rasm).

Statik aniqmas ramaning yakunlovchi  $M$  epyurasini qurib bo'ldik. Bu bilan hisobning eng muhim va murakkab qismi tugadi. Endi ko'ngdalang va bo'ylama kuchlar epyuralarini qursak bo'ladi. Nega deganda  $M$  epyurasi asosida  $Q$  epyurasi,  $Q$  epyurasi asosida  $N$  epyurasi quriladi.

$Q$  epyurasini qurish uchun ramaning sterjenlarini alohida bo'laklarga ajratib va ularni bir oraliqli statik aniq balkalar sifatida hisoblaymiz. Bunda balkalarga tashqi kuchlardan tashqari ramaning  $M$  epyurasidan olingan tugun momentlari ham qo'yiladi (11- rasm).

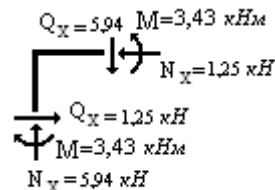
Rama ustuni balka ko'rinishida aks ettirilgan hamda tashqi kuch va tugun momentlari ko'rsatilgan. Oddiy balkaning  $Q$  epyurasi materiallar qarshiligi kursida bayon etilgan qoidalar asosida quriladi (10-rasm g).



Endi  $Q$  epyurasi asosida  $N$  epyurasini quramiz. Bunda rigelga qo'yilgan ko'ndalang kuch ustun uchun bo'ylama kuch, ustunga qo'yilgan ko'ndalang kuchlar esa rigel uchun bo'ylama kuch bo'ladi. Bo'ylama kuch sterjenni cho'zsa –musbat, siqsa –manfiy ishora olinadi (10-rasm V).

### **Qurilgan yakuniy (xotima) eguvchi moment epyurani tekshirish.**

a) **Statik tekshirish.** Ramaning har bir tuguni eguvchi momentlar ta'sirida muvozanatda bo'lishi kerak. Ramadan tugunlar qirqib olinib, ularga qolgan qismining ta'sirini tegishli eguvchi moment zo'riqlashlari bilan almashtiriladi va tugunning muvozanat shartlari yoziladi. Bu tekshirish zaruriy bo'lib, yetarli bo'la olmaydi. Ramaning tugunini qirqib olib, uning uchun muvozanat tenglamalarini yozamiz.



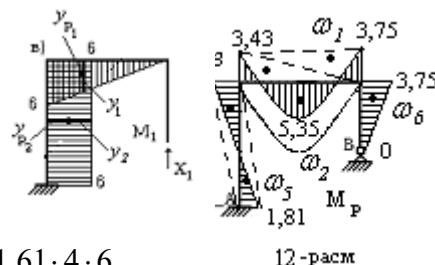
$$\sum X = 0. \quad -N_x + Q_x = 0, \quad -1.25 + 1.25 = 0$$

$$\sum Y = 0. \quad -Q_x + N_x = 0, \quad 5.94 + 5.94 = 0$$

$$\sum M = 0 \quad M - M = 0, \quad 3.43 - 3.43 = 0$$

b) **Deformasion tekshirish.** Bu tekshirish oriqcha noma'lumlarni aniqlashda yo'l qo'yilgan xotolarni payqash imkonini beradi. Hisob natijalarini deformasion tekshirishda asosiy sistemalarga qurilgan birlik epyuralar ramaning tugal eguvchi moment epyurasi bilan navbatma-navbat ko'paytiriladi yoki

$\sum \int \frac{M_x \cdot \bar{M}_s}{EI} dx \approx 0$  Bu tekshirish bajarilsa,  $M_x$  epyura to'g'ri hisoblangan bo'ladi..



CHizmadan

$$\sum \int \frac{M_{\Sigma} M_1 dx}{EI} = \frac{36 \cdot 3}{2EI} - \frac{3.75 \cdot 6 \cdot 2}{2EI} - \frac{3.43 \cdot 6 \cdot 4}{2EI} - \frac{3.43 \cdot 4 \cdot 6}{2EI} + \frac{1.61 \cdot 4 \cdot 6}{2EI} = 0$$

SHunga o'xshash,  $\sum \int \frac{M_{\Sigma} M_2 dx}{EI} = 0$  ekanligi ham ishonch hosil qilish mumkin. Demak, rama to'g'ri hisoblangan.

### **Mustaqil ishlash va nazorat savollari:**

1. Birlik epyuralar nima uchun quriladi?
2. Kanonik tenglamalar sistemasining koeffisienti va ozod hadlarini aniqlashda qaysi usul qulay?
3. Asosiy sistema uchun va epyuralar nima uchun va qanday qilib quriladi?
4. Tenglamalar sistemasining koeffisient va ozod hadlarini tekshirishdan maqsad nima?
5. Qatorlab tekshirish qanday bajariladi?
6. Universal tekshirish qanday bajariladi?
7. Ozod hadlarni tekshirish qanday bajariladi?
8. Tenglamalar sistemasining barcha ozod hadlari nolga teng bo'lishi mumkinmi?
9. Kanonik tenglamalar sistemasini yechishning qaysi usullarini bilasiz?
10. Kanonik tenglamalar sistemasidagi noma'lumlar nima maqsadda aniqlanadi?
11. Tashqi kuchlardan hosil bo'lgan eguvchi moment epyurasidan birlik eguvchi moment epyurasini farqi nimada?
12. Natijaviy eguvchi moment epyurasini necha hil usulda qurish mumkin?
13. Natijaviy moment epyurasini tekshirish usullarini ayting.
14. Kesuvchi kuch epyurasini to'g'riligi qanday tekshiriladi?
15. Kesuvchi kuch qiymati qanday hisoblanadi?
16. Kesuvchi kuch ishorasi va yo'nalishi qanday aniqlanadi?
17. Bo'ylama kuch epyurasini to'g'riligichi?

## 15-mavzu. Simmetrik ramalarni kuchlar usulida hisoblash

### Reja:

1. Simmetrik ramalarni hisoblash.
2. Statik noaniq ramalarni tayanch cho'kishiga hisoblash.
3. Statik aniqmas sistemalarni temperatura ta'siriga hisoblash

### Tayanch so'z va iboralar:

*Simmetrik ramalar, sistemalarni simmetrikligidan foydalanish, statik aniqmas ramalarni hisoblashda soddalashtirish usullari.*

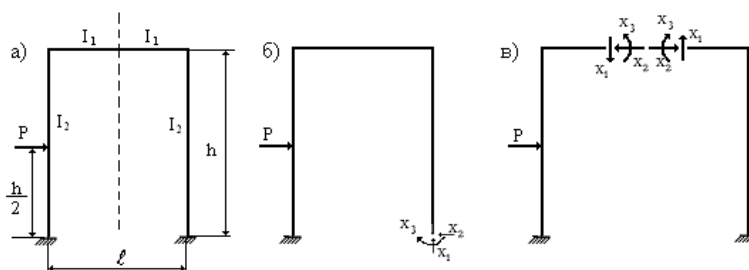
### *Statik aniqmas ramalarni hisoblashda soddalashtirish usullari.*

Kanonik tenglamalar soni sistemadagi ortiqcha noma'lumlar soniga teng bo'lishini ilgari aytib o'tgan edik. Demak, sistemaning statik aniqmaslik darajasi ortgani sari kanonik tenglamalar soni ham ortib boradi, ularni birgalikda yechish uchun tobora ko'prok vaqt va mehnat talab etiladi. Aniq usullarga berilgan sistemadagi noma'lumlar sonini kamaytirib bo'lmaydi, biroq hisoblash ishlarini birmuncha osonlashtirish imkonini beradigan soddalashtirish usullari mavjuddir. Quyida ana shu usullarning ba'zilar bilan tanishib chiqamiz.

### Sistlarning simmetrikligidan foydalanish.

Simmetrik ramalar faqat geometrik shakliga ko'ra emas, balki tayanchlari va birkliklari bo'yicha ham simmetrik bo'lishi lozim. SHunda ularning simmetrikligidan foydalanib ba'zi soddalashtirishlarga erishish mumkin. 7.13-13-rasm, a-da simmetrik statik aniqmas rama tasvirlangan. Rama bitta vertikal simmetriya o'qiga ega. Ramaning chap va o'ng tayanchlari bir xil. Ramaning har ikkala ustuni, shuningdek rigelning chap va o'ng qismlari bir xil inertiya momentiga ega, bu har ikkala ustun bir xil birklikka o'zaro teng demakdir.

Agar ramaning asosiy sistemasini 13-rasm, b-da ko'rsatilgandek olsak, hisob jarayonida hech qanday soddalashuvga erishmaymiz, uch noma'lumli uchta kanonik tenglamalar sistemasi o'zgarishsiz qolaveradi:

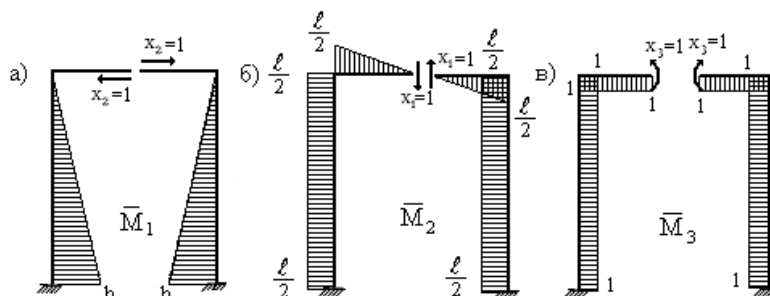


13-pacm

$$\begin{aligned} \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \delta_{13}X_3 + \Delta_{1P} &= 0; \\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \delta_{23}X_3 + \Delta_{2P} &= 0; \\ \delta_{31}X_1 + \delta_{32}X_2 + \delta_{33}X_3 + \Delta_{3P} &= 0; \end{aligned} \quad (1)$$

Agar ramaning asosiy sistemasini 7.13-rasm, v-dagi ko'rinishda olsak, kanonik tenglamalar sistemasi ancha ixchamlashadi. Ramaning asosiy sistemasini hosil qilishda uni simmetriya o'qi o'tgan kesimdan qirqdik. Bu asosiy sistemaning birlik epyuralarini qursak, simmetrik ( $M_1, M_3$ ) va teskari simmetrik ( $M_2$ ) epyuralar hosil bo'ladi. (7.14-rasm).

To'g'ri va teskari simmetrik epyuralarning ko'paytmasi nolga teng bo'ladi.. Bu qoida kanonik tenglama koeffitsientlarini aniqlashda juda qo'l keladi. CHunonchi,  $\delta_{12}$  koeffitsientini aniqlashda  $M_1$  va  $M_2$  epyuralar Vereshchagin formulasi



14-pacm

bo'yicha o'zaro ko'paytirilishi kerak. Biroq epyuralarning biri simmetrik, ikkinchisi teskari simmetrik bo'lgani uchun ko'paytma nol chiqishini oldindan bilamiz. SHunday qilib,  $\delta_{12} = \delta_{21} = 0$ .  $\bar{M}_2$  va  $\bar{M}_3$  epyuralarining ko'paytmasidan  $\delta_{23} = \delta_{32} = 0$  kelib chiqadi.

Buning oqibatida kanonik tenglamalar sistemasi quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\delta_{11}X_1 + \delta_{13}X_3 + \Delta_{1P} = 0;$$

$$\delta_{22}X_2 + \Delta_{2P} = 0;$$

$$\delta_{31}X_1 + \delta_{33}X_3 + \Delta_{3P} = 0;$$

ya'ni yaxlit tenglamalar sistemasi (1) ikkita mustaqil tenglamalar sistemasiga ajralib ketdi: bulardan biri

$$\begin{aligned} \delta_{11}X_1 + \delta_{13}X_3 + \Delta_{1P} &= 0; \\ \delta_{31}X_1 + \delta_{33}X_3 + \Delta_{3P} &= 0; \end{aligned} \quad (2)$$

ikkinchisi  $\delta_{22}X_2 + \Delta_{2P} = 0$ ;

SHunday qilib, asosiy sistema tanlash jarayonida ramaning simmetriklik xususiyatlaridan foydalanib, uch noma'lumli yaxlit tenglamalar sistemasini ikkita mustaqil tenglamalar sistemasiga ajratdik, bularning biri ikki noma'lumli ikkita tenglama, ikkinchisi bir noma'lumli bitta tenglama. Natijada hisob ishlarini ancha qisqartirish imkoniyatiga ega bo'ldik.

### *Noma'lumlarni guruhlash.*

Ko'p oraliqli simmetrik ramalarni hisoblashda to'g'ri va teskari simmetrik bo'lgan epyuralar hosil qilish uchun noma'lumlar sifatida alohida kuchlar emas, balki kuchlar guruhi qabul qilinadi. Ikki noma'lumli rama misolida usulning mohiyatini bayon etamiz (7.15-rasm, a).

Berilgan rama ikki oraliqli bo'lib, sharnirli qo'zg'aluvchan tayanchlar ustunga nisbatan simmetrik joylashgan. Ramaning asosiy sistemasini tayanchlarni tashlab yuborish yo'li bilan hosil qilamiz. Yo'qotilgan bog'lanishlar o'rniga noma'lum reaksiya kuchlarini qo'yamiz (15-rasm, b). Biroq asosiy sistemani bunday olinishi hisob ishlarini soddalashtirishga olib kelmaydi. Kanonik tenglamalar sistemasi yaxlitligicha qolaveradi.

$$\delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \Delta_{1P} = 0;$$

$$\delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \Delta_{2P} = 0;$$

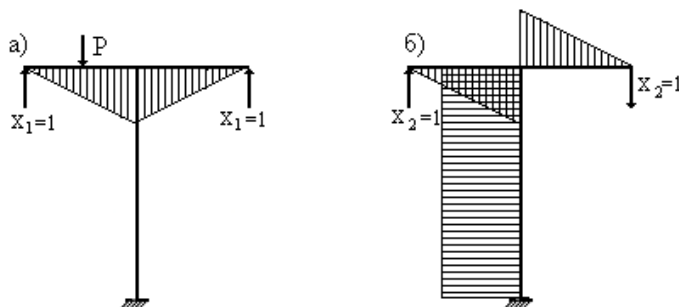
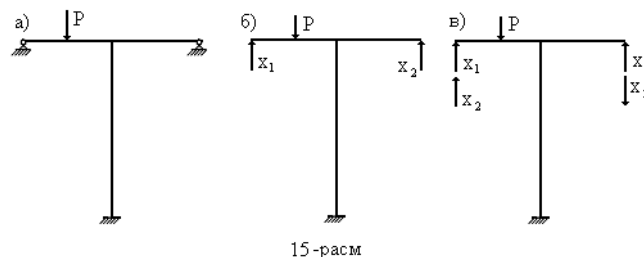
Hisob jarayonida ma'lum darajada soddalashuvga erishish maqsadida  $Z_1$  reaksiyasini  $X_1$  va  $X_2$  noma'lumlarining yig'indisi bilan,  $Z_2$  reaksiya kuchini esa  $X_1$  va  $X_2$  noma'lumlarining ayirmasi bilan almashtiramiz (15-rasm, v). Natijada yakka kuchlar kuchlar guruhi bilan almashadi. Buning oqibatida to'g'ri ( $M_1$ ) va teskari ( $M_2$ ) simmetrik epyuralarga ega bo'ladi. (16-rasm, a).

Ma'lumki bunday epyuralar Ko'paytmasi nolga teng bo'ladi, shunga ko'ra  $\delta_{12} = 0$ . Kanonik tenglamalar sistemasi esa alohida ikkita mustaqil tenglamalarga ajralib ketadi.

$$\delta_{11}X_1 + \Delta_{1P} = 0;$$

$$\delta_{22}X_2 + \Delta_{2P} = 0;$$

Mazkur tenglamalardan  $X_1$  va  $X_2$  noma'lumlari aniqlanadi, so'ngra



yakunlovchi M epyurasi ko'riladi.

## 16-mavzu. Statik noaniq arkalarini hisoblash

### Reja:

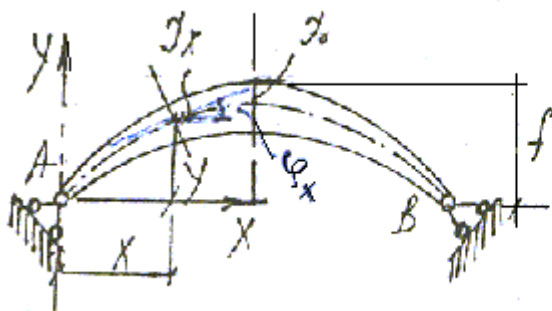
1. Ikki sharnirli statik aniqmas arka hisobi.
2. Statik noaniq arkalarini hisoblash.
3. Bir sharnirli statik aniqmas arka hisobi

### Tayanch so'z va iboralar:

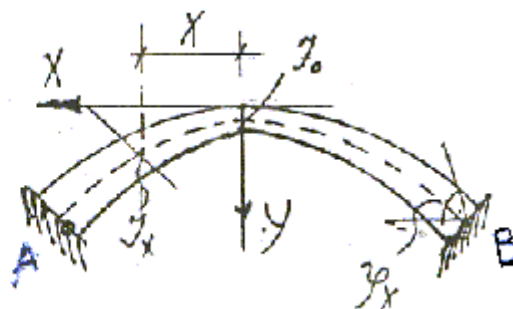
*Ikki sharnirli arka, sharnirsiz arka, kuch usuli, asosiy sistema, elastik markaz, biki konsol.*

Statik aniqmas arkalar ikki sharnirli va sharnirsiz bo'lishi mumkin.

Ikki sharnirli arkalar (10.1 – rasm) bir marta statik aniqmas, sharnirsiz arka (10.2 – rasm) uch marta statik aniqmas sistemadir.



10.1 – rasm



10.2 – rasm

Statik aniqmas arkalarini hisoblash kuchlar usuli yordamida bajariladi.

Ikki sharnirli arka ko'ndalang kesim inertsia momentining o'zgarish qonuni quyidagi formula orqali ifodalandi.

$$I_x = I_0 \cdot \cos \varphi_x, \quad (10.1)$$

Bunda  $I_0$  – arka qulfidagi kesimning inertsia momenti;

$\varphi_x$  – arka o'qiga o'tkazilgan urinma bilan gorizont chiziq orasidagi burchak.

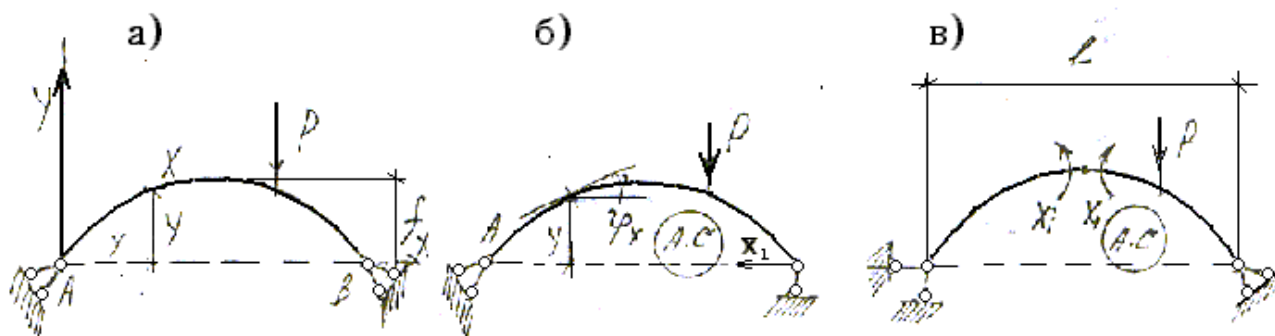
(10.1) ga ko'ra, arkaning ko'ndalang kesim balandligi tayanch kesimidan markaziy kesimgacha kattalashib boradi.

SHarnirsiz arka uchun

$$I_x = \frac{I_0}{\cos \varphi_x} \quad (10.2)$$

Bu qonun bo'yicha arkaning ko'ndalang kesim balandligi tayanch kesimdan boshlab markaziy kesimga tomon kamayib boradi.

**Ikki sharnirli arkalarini doimiy yuklar ta'siriga hisoblash.**



10.3 – rasm

Ikki sharnirli arka (10.3 – rasm) bir marta statik aniqmas bo'lganligi tufayli, asosiy sistema tanlashning variantlari (10.3 b, v – rasmlar)ni tanlaymiz.

Kuch usulining kanonik tenglamasini yozamiz:

$$\delta_{11}X_1 + \Delta_{iR} = 0 \quad (10.3)$$

$\Delta_{iR}$  va  $\delta_{11}$  ko'chishlar Mor formulasidan topiladi.

$$\Delta_{ip} = \sum \int_0^s \frac{\bar{M}_1 M_p ds}{EI_x} + \sum \int_0^s \frac{\bar{N}_1 N_p ds}{EF_x}, \quad \delta_{11} = \sum \int_0^s \frac{\bar{M}_1^2 ds}{EI_x} + \sum \int_0^s \frac{\bar{N}_1^2 ds}{EF_x}, \quad (10.4)$$

Asosiy sistema uchun (10.3b,v – rasm):

$$M_p = M^0(x); \quad N_p = Q^0(x) \cdot \sin \varphi_x;$$

$$\bar{M}_1 = -1 \cdot y; \quad \bar{N}_1 = 1 \cdot \cos \varphi_x$$

Agar arka  $\frac{f}{l} \leq \frac{1}{6}$  bo'lsa,  $\sin \varphi_x$  juda kichik miqdorga ega bo'lganligi sababli (10.4)

formuladan  $N_R$  ni hisobga ham olmasa bo'ladi. U holda

$$\Delta_{ip} = - \sum \int_0^s \frac{y \cdot M_p ds}{EI_x} \quad \delta_{11} = \int_0^s \frac{y^2 ds}{EI_x} + \int_0^s \frac{\cos^2 \varphi ds}{EF_x}, \quad (10.5)$$

bu yerda  $ds = \frac{dx}{\cos \varphi_x}$ ;  $s$  – arka o'qining uzunligi.

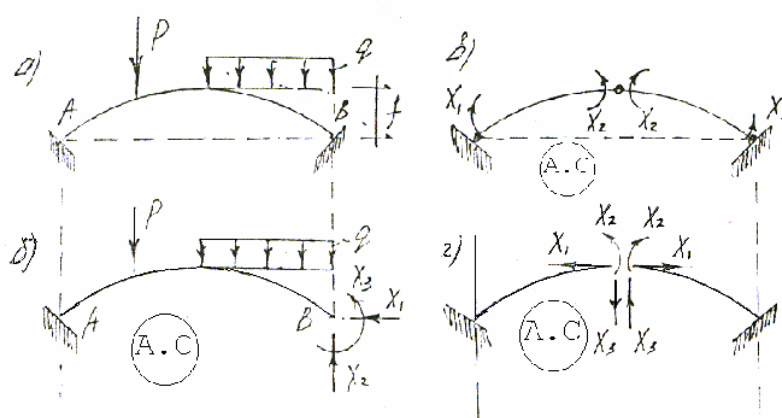
Noma'lum kuch  $X_1$  (10.3) tenglamadan aniqlangandan so'ng, arkaning ixtiyoriy  $K$  kesimida xosil bo'lgan zo'riqishlar quyidagi formulalarga asosan aniqlanadi.

$$\left. \begin{aligned} M_k &= M_k^0 - X_1 \cdot y_k \\ N_k &= Q_k^0 \sin \varphi_k + X_1 \cos \varphi_k \\ Q_k &= Q_k^0 \cos \varphi_k - X_1 \sin \varphi_k \end{aligned} \right\} \quad (10.6)$$

$M_k^0$  va  $Q_k^0$  - oddiy balkaning  $K$  kesimida tashqi yuklardan xosil bo'lgan eguvchi moment va ko'ndalang kuch;  
 $y_k$  – arka o'qining ordinatasi.

### SHarnirsiz arkalarni hisoblash. Elastik markaz usuli.

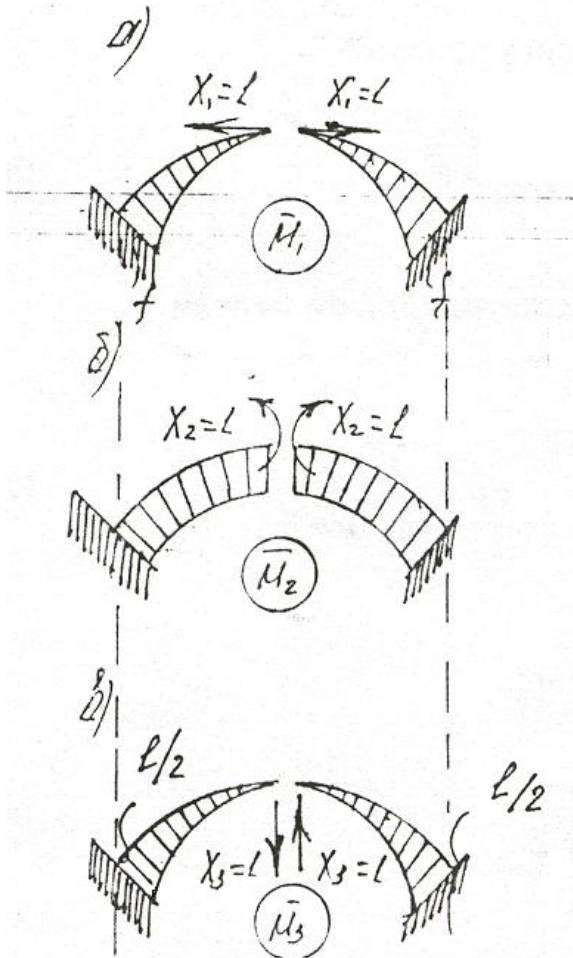
SHarnirsiz arka (10.4a-rasm) uch marta statik anikmas sistemadir.



10.4 – rasm

Asosiy sistemani bir necha varianti 10.4 rasm b, v, g da tasvirlangan. Kuchlar metodining kanonik tenglamalar sistemasini yozamiz.

$$\left. \begin{aligned} \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \delta_{13}X_3 + \Delta_{1p} &= 0, \\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \delta_{23}X_3 + \Delta_{2p} &= 0, \\ \delta_{31}X_1 + \delta_{32}X_2 + \delta_{33}X_3 + \Delta_{3p} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (10.7)$$



10.5 rasm

Agar asosiy sistema simmetrik tanlansa (10.4g-rasm) asosiy sistema uchun chizilgan birlik epyuralar simmetrik va nosimmetrik bo'ladi (10.5-rasm) va ayrim yordamchi ko'chishlar nolga teng bo'ladi, yahni:

$$\delta_{13} = \delta_{31} = 0 \quad \delta_{23} = \delta_{32} = 0.$$

U holda kuchlar metodining kanonik tenglamalar sistemasi ikki mustaqil gruppalariga ajraladi:

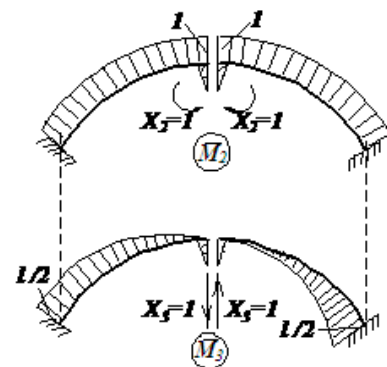
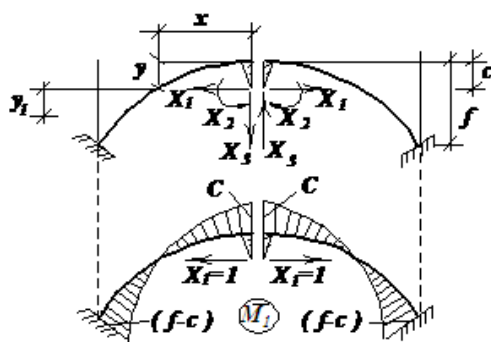
$$\left. \begin{aligned} \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \Delta_{1p} &= 0; \\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \Delta_{2p} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (a)$$

$$\delta_{33}X_3 + \Delta_{3p} = 0. \quad (b)$$

Kanonik tenglamalarning birinchi gruppasi (a) da faqat simmetrik noma'lumlar  $X_1, X_2$ , ikkinchi gruppasi (b) da esa faqat teskari simmetrik noma'lum  $X_3$  ishtirok etadi.

Birlik ko'chishlar 10.5 rasmdan foydalanib Mor formulasiga asosan aniqlanadi.

Agar asosiy sistemalar biki konsol kiritish orqali tanlansa, kanonik tenglamalarning barcha yordamchi koeffitsientlari nolga teng bo'ladi va tenglamalar uchta mustaqil gruppaga ajraladi (10.6-rasm).



1.6 – rasm

Asosiy sistema ixtiyoriy kesimidagi zo'riqishlar tenglamasini yozamiz.

$$\bar{M}_1 = -1(c-y), \quad \bar{M}_2 = 1; \quad \bar{M}_3 = 1 \cdot x, \quad \bar{N}_1 = -1 \cdot \cos \varphi, \quad \bar{N}_3 = 1 \cdot \sin \varphi_k,$$

$$\bar{Q}_1 = -1 \cdot \sin \varphi_k, \quad \bar{Q}_3 = 1 \cdot \cos \varphi_k \quad \text{Mor formulasiga asosan,}$$

$$\delta_{12} = \int_0^s \frac{\overline{M}_1 \overline{M}_2 ds}{EI} = - \int_0^s (c-y) \frac{ds}{EI} = 0, \quad (10.8)$$

S-arka o'qining uzunligi. Arkaning simmetrikligiga asosan  $c \int_0^{s/2} \frac{ds}{EI} - \int_0^{s/2} y \frac{ds}{EI} = 0$ ,

bundan

$$c = \frac{\int_0^{s/2} y \frac{ds}{EI}}{\int_0^{s/2} \frac{ds}{EI}}. \quad (10.9)$$

Kuchlar metodining kanonik tenglamalari:

$$\left. \begin{aligned} \delta_{11} X_1 + \Delta_{1p} &= 0, \\ \delta_{22} X_2 + \Delta_{2p} &= 0, \\ \delta_{33} X_3 + \Delta_{3p} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (10.10)$$

(10.10) tenglamalardagi ko'chishlarni Mor formulasiga asosan aniqlaymiz:

$$\delta_{11} = 2 \int_0^{s/2} \overline{M}_1^2 \frac{ds}{EI} + 2 \int_0^{s/2} \overline{N}_1^2 \frac{ds}{EF} = 2 \int_0^{s/2} y_1^2 \frac{ds}{EI} + 2 \int_0^{s/2} \cos^2 \varphi \frac{ds}{EF}; \quad (10.11)$$

$$\delta_{22} = 2 \int_0^{s/2} \frac{ds}{EI}; \quad \delta_{33} = 2 \int_0^{s/2} x^2 \frac{ds}{EI}; \quad (10.12)$$

$$\Delta_{1p} = - \int_0^s M_p y_1 \frac{ds}{EI}; \quad \Delta_{2p} = \int_0^s M_p \cdot 1 \frac{ds}{EI}; \quad \Delta_{3p} = \int_0^s M_p \cdot x \frac{ds}{EI}. \quad (10.13)$$

$\overline{Q}_1, \overline{Q}_3$  va  $N_R, Q_R$  lardan hosil bo'lgan ko'chishlar  $M_r$  dan hosil bo'lgan ko'chishga nisbatan juda kichik bo'lgani sababli, ularning qiymatini hisobga olmasak ham bo'ladi.

SHarnirsiz arkaning ixtiyoriy ko'ndalang kesimidagi eguvchi moment, bo'ylama va ko'ndalang kuchlar quyidagicha aniqlanadi:

$$\begin{aligned} M_k &= M_k^0 - X_1(c - y_k) + X_2 + X_3 \cdot x_k; \\ Q_k &= Q_k^0 - X_1 \sin \varphi_k + X_3 \cos \varphi_k; \\ N_k &= N_k^0 + X_1 \cos \varphi_k + X_3 \sin \varphi_k, \end{aligned} \quad (10.14)$$

bu yerda  $M_k^0, Q_k^0, N_k^0$  asosiy sistema K kesimida tashqi yukdan hosil bo'lgan eguvchi moment, ko'ndalang va bo'ylama kuchlar.

#### Mustaqil ishlash va nazorat savollari:

1. Statik noaniq arkalarini amalda qo'llanish sohalarini ayting?
2. Statik noaniq arkalar kesimlarining o'zgarishi uning qanday xususiyatiga bog'liq?
3. Ikki sharnirli va sharnirsiz arkalar ko'ndalang kesim inertsia momentlarining o'zgarishi qanday formulalar orqali ifodalanadi?
4. Ikki sharnirli va sharnirsiz arkalar statik noaniqlik darajasini hisoblang.
5. Qanday arkalarini kuch usulida hisoblashda murakkablik mavjud?



6. Kanonik tenglamalar sistemasining koeffitsient va ozod hadlari qanday aniqlanadi?
7. Statik noaniq arkalarini hisoblashni soddalashtirish usullarini ayting.
8. Qaysi holatda kanonik tenglamalar sistemasining barcha yordamchi koeffitsientlari nolga teng bo'ladi?
9. Birk konsol uchi koordinatalari qanday aniqlanadi?
10. Ichki zo'riqishlardan qaysi biri eng katta qiymatlarga ega bo'lishi mumkin?

## 17-mavzu. Statik noaniq fermalarni hisoblash

### Reja:

1. Umumiy tushunchalar.
2. Statik aniqmas fermalarni qo'zg'almas yuk ta'siriga hisoblash.

#### Tayanch so'z va iboralar:

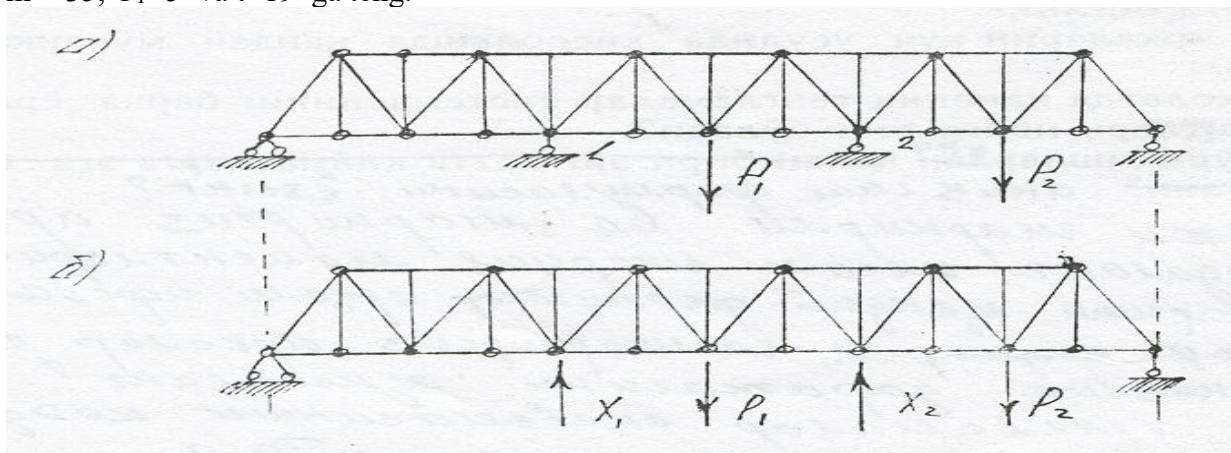
Statik aniqmaslik darajasi, tashqi statik aniqmas fermalar, ichki statik aniqmas fermalar, kuch usuli, asosiy sistema, noma'lumlar, sterjenlarning bo'ylama zo'riqishlari.

Statik aniqmas fermalarni kuchlar usuli orqali hisoblash bilan tanishamiz. Statik aniqmas fermalarning statik aniqmaslik darajasi, ya'ni ortiqcha og'lovchilari soni quyidagi formuladan aniqlanadi.

$$n = m + C_T - 2t, \quad (1)$$

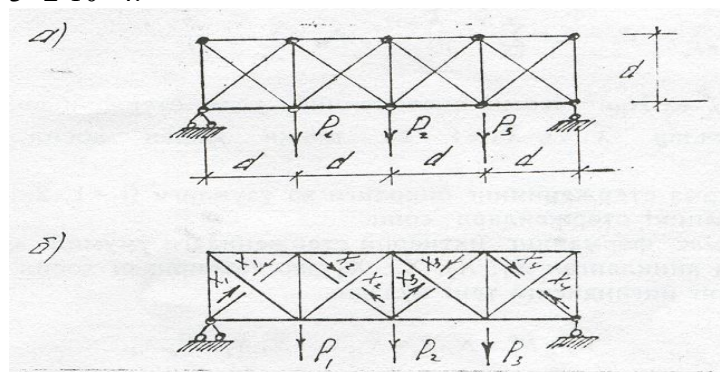
bu yerda:  $m$  - ferma sterjenlarining soni:  $t$  - tugunlar soni:  $C_T$  - tayanch bog'lovchilarining soni. Statik aniqmas sharnirli fermalar tuzilishiga ko'ra 2 hil bo'ladi:

1. Tashqi tuzilish bo'yicha statik aniqmas fermalar. Bunga 1a rasmda tasvirlangan uch prolyotli uzluksiz ferma misol bo'ladi. Statik aniqmaslik darajasi  $n = 35 + 5 - 2 \cdot 19 = 2$  bo'ladi. bu yerda  $m = 35$ ,  $C_T = 5$  va  $t = 19$  ga teng.



2. Ichki tuzilishi bo'yicha statik aniqmas fermalar (2a-rasm).

8. 2a-rasmda ko'rsatilgan ferma tashqi bog'lanishlari bo'yicha statik aniq ( $S_T = 3$ ), ichki tuzilishi bo'yicha esa statik aniqmasdir. Statik aniqmaslik darajasini hisoblaymiz:  $t = 10$ ,  $m = 21$ ,  $C_T = 3$  u holda  $n = 21 + 3 - 2 \cdot 10 = 4$ .



2 – rasm.

Demak, ferma 4 marta statik aniqmasdir.

Kuchlar usulining asosiy sistemasi fermani ortiqcha tayanch bog'lovchilaridan ozod qilish yoki uning ortiqcha sterjenlarini kesish yo'li bilan tanlanadi. (1b, 2b-rasmlar). 1b – rasmda ko'rsatilgan asosiy sistema uchun kanonik tenglamalar quyidagicha yoziladi.

$$\left. \begin{aligned} \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \Delta_{1P} &= 0, \\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \Delta_{2P} &= 0. \end{aligned} \right\}$$

2b –rasmda ko'rsatilgan asosiy sistema uchun kanonik tenglamalar quyidagicha bo'ladi:

$$\left. \begin{aligned} \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \delta_{13}X_3 + \delta_{14}X_4 + \Delta_{1P} &= 0, \\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \delta_{23}X_3 + \delta_{24}X_4 + \Delta_{2P} &= 0, \\ \delta_{31}X_1 + \delta_{32}X_2 + \delta_{33}X_3 + \delta_{34}X_4 + \Delta_{3P} &= 0, \\ \delta_{41}X_1 + \delta_{42}X_2 + \delta_{43}X_3 + \delta_{44}X_4 + \Delta_{4P} &= 0. \end{aligned} \right\}$$

Bu tenglamalarning har biri asosiy sistemada noma'lum zo'riqish yo'nalishi bo'yicha tashqi yuk va noma'lum zo'riqishlar ta'siridan hosil bo'lgan o'zaro ko'chishlarning yig'indisi nolga teng bo'lish shartini ifodalaydi.

Asosiy sistemaning sterjenlarida tashqi yuk va har bir birlik noma'lum kuch dan hosil bo'lgan zo'riqishlar hisoblangandan so'ng, kanonik tenglamalardagi birlik ko'chishlar  $\delta_{ii}$ ,  $\delta_{ik}=\delta_{ki}$  va ozod hadlar  $\Delta_{iR}$  Mor formulasi yordamida aniqlanadi:

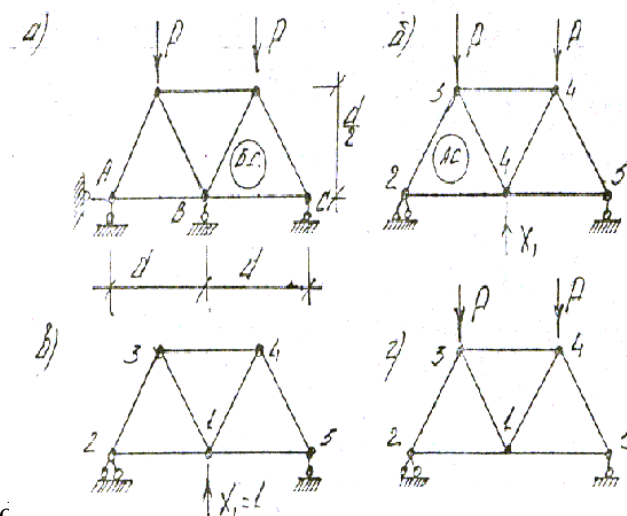
$$\delta_{ii} = \sum_{j=1}^m \frac{\overline{N}_{ji}^2 \cdot l_j}{EF_j}; \quad \delta_{ii} = \sum_{j=1}^m \frac{\overline{N}_{ji}^2 \cdot l_j}{EF_j}; \quad \delta_{ii} = \sum_{j=1}^m \frac{\overline{N}_{ji}^2 \cdot l_j}{EF_j};$$

$EF_j$  va  $l_j$  – ferma sterjenining bikrligi va uzunligi ( $j = 1, 2, \dots, m$ );  $m$ -asosiy sistemaning sterjenlari soni.

Statik aniqmas fermaning ixtiyoriy sterjenidagi umumiy zo'riqish tashqi yuk va aniqlangan  $X_1, X_2, X_3, X_4$  lar ta'siridan hosil bo'lgan zo'riqishlarning yig'indisiga teng bo'ladi:

$$N_j = N_{jP}^0 + \overline{N}_{j1}X_1 + \overline{N}_{j2}X_2 + \overline{N}_{j3}X_3 + \overline{N}_{j4}X_4.$$

Misol. Quyidagi statik aniqmas ferma sterjenlaridagi zo'riqishlar hisoblansin.  $EF = \text{const}$ ,  $R=10\text{KN}$ ,  $d = 4\text{m}$ .



Statik aniqmaslik c

Asosiy sistema tanlaymiz. (8.3 b-rasm). Kanonik tenglamasini yozamiz:

$$\delta_{11}X_1 + \Delta_{1R} = 0.$$

## 18-mavzu. Uzlüksiz balkalarni hisoblash

Reja:

1. Umumiy tushunchalar. Qo'zg'almas yuklar ta'siridagi uzluksiz balkalarni hisoblash.
2. Asosiy sxemani tanlash. Uch moment tenglamasi.
3. Uzluksiz balkalardagi eguvchi moment, ko'ndalang kuch va tayanch reaksiyalarni aniqlash

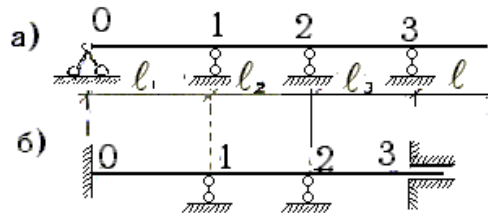
#### Tayanch so'z va iboralar:

*Tutash balkalar, statik aniqlashtirish darajasi, asosiy sistema, birlik epyuralar, tashqi yukdan epyura, koeffitsientlar, ozod hadlar, uch moment tenglamalari, fiktiv reaksiya, bikrlilik, keltirilgan oraliq, natijaviy ichki kuch epyuralari.*

Bir necha prolyotni (oraliqni) qoplaydigan, qator tayanchlar bilan yerga bog'langan balka tutash balkalar deyiladi. (4.1 – rasm).

Tutash balkalarning statik aniqlashtirish darajasini quyidagi formulalarga asosan aniqlash mumkin:

$$n=2SH+Ct-3D \text{ yoki } n=Ct-3 \quad (4.1)$$



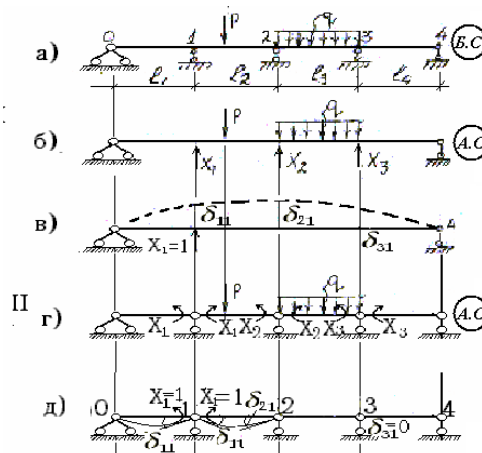
4.1– rasm.

*Uzluksiz balkalarni doimiy yuk ta'sirida hisoblash.*

Asosiy sistema tanlash. Uch moment tenglamasining tatbiqi 4.2a–rasmda ko'rsatilgan uzluksiz balka berilgan bo'lsin. Tutash balkaning ortiqcha bog'lanishlardan ozod etib, asosiy sistemaning bir necha variantini tanlaymiz. (4.2b, g-rasm).

Balkaning statik noaniqlik darajasi  $n=C-3=6-3=3$  ga teng.

Tutash balka bilan asosiy sistema orasidagi farqni yo'qotish uchun kuchlar usulining kanonik tenglamalari sistemasini yozamiz:



4.2– rasm

$$\left. \begin{aligned} \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \delta_{13}X_3 + \Delta_{1p} &= 0 \\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \delta_{23}X_3 + \Delta_{2p} &= 0 \\ \delta_{31}X_1 + \delta_{32}X_2 + \delta_{33}X_3 + \Delta_{3p} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (4.2.)$$

Birinchi variantda ko'rsatilgan asosiy sistema uchun kanonik tenglamalardagi yordamchi ko'chishlarning birortasi ham nolga teng bo'lmaydi (4.2v-rasm).

Ikkinchi variantda esa (4.2g –rasm) ba'zi yordamchi koeffitsientlar nolga teng bo'ladi.

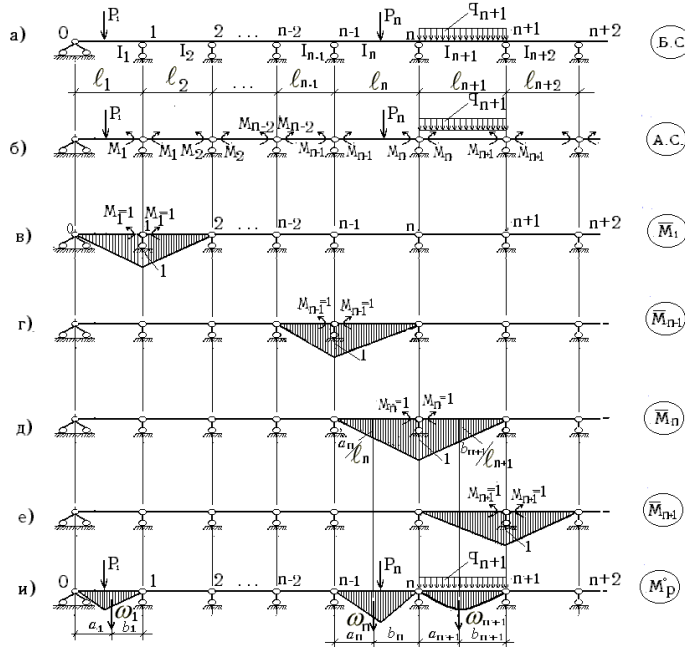
Demak, tutash balkalarni hisoblashni osonlashtirish uchun ortiqcha noma'lumlar sifatida tayanch momentlarni qabul qilish qulaydir.

Uch momentlar tenglamasi. Bizga 4.3a –rasmda ko'rsatilgan tutash balka berilgan bo'lsin. Asosiy sistema uchun (4.3b-rasm) ikkinchi variantni qabul qilamiz.

Ortiqcha noma'lumlar bo'lib, tayanch momentlar xizmat qiladi:  $M_1, M_2, \dots, M_{n-1}, M_n, M_{n+1}$ . Bu holda asosiy sistema oddiy balkalardan iborat bo'ladi.

Asosiy sistemaning sharnir qo'yilgan har bir tayanchi uchun ikki qo'shni kesimning o'zaro burilish burchaklari yig'indisi nolga tengligini ifodalaydigan kuchlar metodining tenglamasini yozamiz. Masalan,  $n$  - tayanch uchun yozilgan tenglamani ko'raylik:

$$\delta_{n1}M_1 + \delta_{n2}M_2 + \dots + \delta_{n,n-1}M_{n-1} + \delta_{nn}M_n + \delta_{n,n+1}M_{n+1} + \dots + \Delta_{nr} = 0 \quad (4.3)$$



4.3-rasm

Asosiy sistema uchun qurilgan birlik eguvchi moment epyuralariga asosan koeffisientlar:

$$\delta_{n1}=0, \delta_{n2}=0, \dots, \delta_{n,n-2}=0, \delta_{n,n+2}=0, \delta_{n,n+3}=0, \dots$$

u holda (4.3) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\delta_{n,n-1}M_{n-1} + \delta_{nn}M_n + \delta_{n,n+1}M_{n+1} + \Delta_{nr} = 0 \quad (4.3')$$

Bu tenglama koeffisientlari va ozod hadlarini epyuralarni ko'paytirish usulida topamiz:

$$\delta_{n,n-1} = (\overline{M}_n) \cdot (\overline{M}_{n-1}) = \frac{1}{EI_n} \cdot \frac{1 \cdot l_n}{2} \cdot \frac{1}{3}; \quad \delta_{n,n} = \frac{1}{EI_n} \cdot \frac{1 \cdot l_n}{2} \cdot \frac{2}{3} + \frac{1}{EI_{n+1}} \cdot \frac{1 \cdot l_{n+1}}{2} \cdot \frac{2}{3};$$

$$\delta_{n,n+1} = (\overline{M}_n) \cdot (\overline{M}_{n+1}) = \frac{1}{EI_{n+1}} \cdot \frac{1 \cdot l_{n+1}}{2} \cdot \frac{1}{3}; \quad \Delta_{np} = (\overline{M}_n) \cdot (M_p) = \frac{1}{EI_n} \cdot \frac{\omega_n \cdot a_n}{l_n} + \frac{1}{EI_{n+1}} \cdot \frac{\omega_{n+1} \cdot b_{n+1}}{l_{n+1}};$$

Ko'chishlarni (4.3') tenglamaga qo'yib, umumiy maxrajga keltirilgandan so'ng u quyidagi ko'rinishni oladi:

$$M_{n-1} \cdot \frac{l_n}{6EI_n} + 2M_n \left( \frac{l_n}{6EI_n} + \frac{l_{n+1}}{6EI_{n+1}} \right) + M_{n+1} \frac{l_{n+1}}{6EI_{n+1}} = -\frac{\omega_n a_n}{EI_n \cdot l_n} - \frac{\omega_{n+1} b_{n+1}}{EI_{n+1} \cdot l_{n+1}}$$

Bu tenglama o'ng va chap qismini  $6EI_c$  ga ko'paytirib va prolyotlar (oraliqlar) keltirilgan uzunliklarini kiritib quyidagi tenglamani olamiz:

$$M_{n-1}l'_n + 2M_n(l'_n + l'_{n+1}) + M_{n+1}l'_{n+1} = -6 \left( \frac{I_c}{I_n} B_n^\phi + \frac{I_c}{I_{n+1}} A_{n+1}^\phi \right) \quad (4.4)$$

bu yerda  $l'_n = l_n \frac{I_c}{I_n}$ ;  $l'_{n+1} = l_{n+1} \frac{I_c}{I_{n+1}}$  – keltirilgan (oraliqlar) prolyotlar;  $I_c$  – ixtiyoriy oraliq inertsia momenti;

$$B_n^\phi = \frac{\omega_n a_n}{l_n}, \quad A_{n+1}^\phi = \frac{\omega_{n+1} b_{n+1}}{l_{n+1}} - \text{o'ng va chap fiktiv reaksiyalari. (4.4) umumiy}$$

holatdagi uch momentlar tenglamasi deyiladi.

Agar tutash balka doimiy kesimga ega bo'lsa, u xolda

$$I_1 = I_2 = \dots = I_n = I_{n+1} = I_C; \quad I'_n = I_n \quad l'_{n+1} = l_{n+1}$$

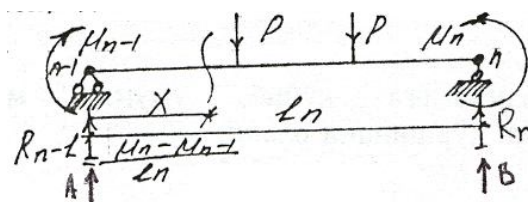
bo'ladi va uch momentlar tenglamasi quyidagi ko'rinishga keladi:

$$M_{n-1}I_n + 2M_n(I_n + I_{n+1}) + M_{n+1}I_{n+1} = -6 \left( B_n^\phi + A_{n+1}^\phi \right) \quad (4.5)]$$

Tutash balkada qancha oraliq tayanchlar bo'lsa, shuncha uch momentlar tenglamalari tuziladi. Ular birgalikda yechilib, noma'lum tayanch momentlari aniqlangandan so'ng tutash balka uchun eguvchi momenti va ko'ndalang kuchlar epyuralari chiziladi.

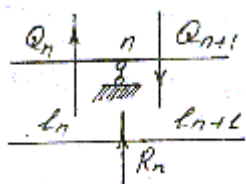
### Tutash balkalardagi eguvchi moment, ko'ndalang kuch va tayanch reaksiyalarini aniqlash.

Tayanch momentlar aniqlangandan so'ng tutash balkaning har bir prolyotini berilgan tashqi yuk va shu tayanch momentlari ta'siridagi oddiy balka deb qarash mumkin (4.4 – rasm).



4.4 – rasm

Ixtiyoriy kesimdagi eguvchi moment  $M$  va kesuvchi kuch  $Q$  materiallar qarshiligi kursidagi kabi quyidagicha topiladi:



4.5-rasm

$$M = M_x^o + M_{n-1} + \frac{M_n - M_{n-1}}{l_n} \cdot x, \quad (4.6)$$

$$Q = Q_x^o + \frac{M_n}{l_n} - \frac{M_{n-1}}{l_n}, \quad (4.7)$$

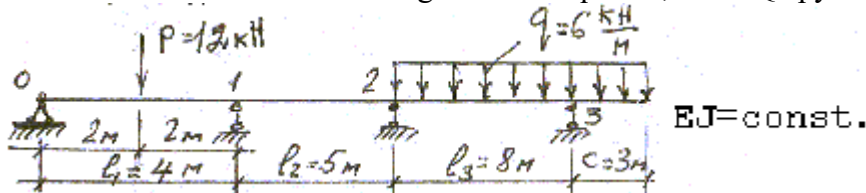
bu yerda  $M_x^o$  va  $Q_x^o$  - oddiy balkadagi tashqi yukdan xosil bo'lgan eguvchi moment va kesuvchi kuch.

Tayanch reaksiya  $R_n$  n tayanchidagi chap va o'ng kesuvchi kuchlarining farqidan topiladi (4.5 – rasm):

$$R_n = Q_{n+1} - Q_n \quad (4.8)$$

### Mustaqil ishlash va nazorat savollari:

1. Tutash balkalarni hisoblashda uch moment tenglamalarini qo'llash qanday afzallikka ega?
2. Uzlüksiz balkalarni hisoblashda ko'chish usulini qo'llash mumkinmi?
3. Besh noma'lumli uzlüksiz balkalarni hisoblashda uch moment tenglamalari sistemasini texnika vositalarini qo'llamay yechish mumkinmi?
4. Quyidagi uzlüksiz balka uchun uch moment tenglamalarini qo'llab,  $M$  va  $Q$  epyuralarini quring.



5. Keltirilgan oraliqlar nima va ular qanday hisoblanadi?
6. Fiktiv reaksiyalar qanday hisoblanadi?
7. Agar tutash balka doimiy kesimga ega bo'lsa, uch moment tenglamasi qanday ko'rinishga keladi?
8. Bunday balkalar uchun natijaviy eguvchi moment epyurasi qanday qo'llaniladi?
9. Natijaviy moment epyurasi qanday tekshiriladi?
10. Tutash balkalarda tayanch reaksiyalari qanday topiladi?
11. Tayanch reaksiyalarining to'g'ri topilganligi qanday tekshiriladi?

## 19-mavzu. Uzlüksiz balkalarni hisoblashning moment fokuslar usuli

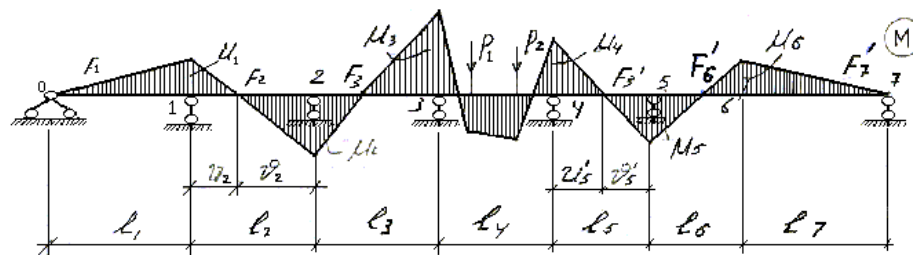
### Reja:

1. Uzlüksiz balka yuklangan oraligining tayanch momentlarini aniqlash.
2. Fokuslar nisbatlaridan foydalanib tayanch momentlarini aniqlash
3. Uzlüksiz balkalarni moment fokuslari usuli bilan hisoblash.
4. Chap va o'ng fokuslar nisbatlarini aniqlash

*Yuklangan prolyot, yuklanmagan prolyot, moment fokusi, chap fokus nuqtasi. O'ng fokus nuqtasi, fokus nisbati, tayanch momentlari.*

### Umumiy tushuncha. Chap va o'ng fokuslar nisbatlarini aniqlash.

Faqat bir prolyoti yuklangan tutash balka uchun chizilgan moment epyurasini ko'raylik (5.1-rasm).



5.1-rasm

Tutash balkaning yuklanmagan prolyotlaridagi tayanch momentlarining miqdori yuklangan prolyotdan boshlab kamayib boradi va moment chizig'i har bir prolyotni ma'lum nuqtada kesib o'tadi va bu nuqtada eguvchi moment nolga teng bo'ladi.

Yuklanmagan prolyotdagi eguvchi moment  $M(x)$  nolga teng bo'lgan nuqta moment fokusi deyiladi. Balkadagi  $F_1, F_2, F_3$  – chap moment fokuslari,  $F'_5, F'_6, F'_7$  lar o'ng moment fokuslari deyiladi. Tutash balkada yuklanmagan prolyotning tayanch momentlari nisbati fokuslar nisbati deb ataladi. Yuklanmagan prolyotdagi fokuslarning holati fokuslar nisbati orqali aniqlanadi.

Chap fokus nisbati (ikkinchi prolyot uchun)  $K_2 = \frac{v_2}{u_2}$ . (a)

5-prolyot uchun o'ng fokus nisbati  $K'_5 = \frac{u'_5}{v'_5}$  bo'ladi. (b)

Demak, fokuslarning joylashuvi tashqi yukka bog'liq emas.

Fokuslar nisbatlarini yuklanmagan prolyotlar tayanch momentlarning nisbati orqali ifodalaymiz.

Uchburchaklarning o'xshashligidan  $\frac{v_2}{u_2} = \frac{|M_2|}{|M_1|} = K_2$ ,  $K_2 = -\frac{M_2}{M_1}$  (v)

SHunga o'xshash, balkaning yuklanmagan n – prolyoti uchun chap fokus nisbatini ifodalaymiz:



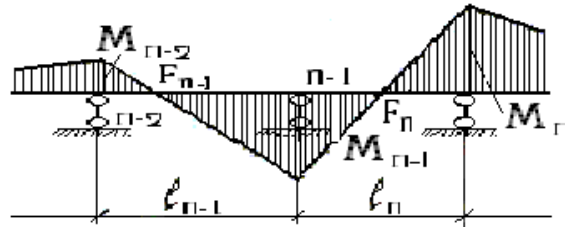
$$k_n = -\frac{M_n}{M_{n-1}} \quad (5.1)$$

o'ng fokus nisbati:

$$k'_n = -\frac{M_{n-1}}{M_n} \quad (5.2)$$

Tutash balkalarni moment fokuslari usuli bilan hisoblash uchun dastlab fokus nisbatlarini va yuklangan prolyotning tayanch momentlarini aniqlash kerak.

Fokus nisbatlarini aniqlash uchun yuklangan prolyotdan chap tomonda bo'lgan ikki qo'shni  $l_{n-1}$  va  $l_n$  – prolyotlarni ko'ramiz (5.2-rasm).



5.2-rasm

$n-1$  tayanch uchun uch moment tenglamasini yozamiz:

$$M_{n-2}l'_{n-1} + 2M_{n-1}(l'_{n-1} + l'_n) + M_n l'_n = 0,$$

hamma hadlarini ga bo'lsak, quyidagi tenglama hosil bo'ladi:

$$\frac{M_{n-2}}{M_{n-1}} l'_{n-1} + 2(l'_{n-1} + l'_n) + \frac{M_n}{M_{n-1}} l'_n = 0$$

(5.1) formulaga asosan bu tenglamani chap fokus nisbati orqali ifodalaymiz:

$$-\frac{1}{K_{n-1}} l'_{n-1} + 2(l'_{n-1} + l'_n) - K_n \cdot l'_n = 0,$$

Bundan  $n$  – prolyotning chap fokus nisbati  $K_n$  ni topamiz:

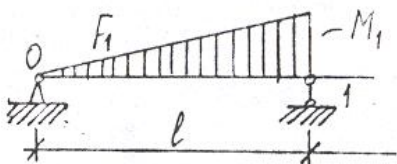
$$K_n = 2 + \frac{l'_{n-1}}{l'_n} \left( 2 - \frac{1}{K_{n-1}} \right) \quad (5.3)$$

SHunga o'xshash, o'ng fokus nisbatlarini aniqlash uchun quyidagi formulani yozamiz:

$$K'_n = 2 + \frac{l'_{n-1}}{l'_n} \left( 2 - \frac{1}{K'_{n+1}} \right). \quad (5.4)$$

Agar balkaning chap uchi sharnirli bo'lsa, u holda birinchi prolyot uchun chap fokus nisbati quyidagicha bo'ladi:

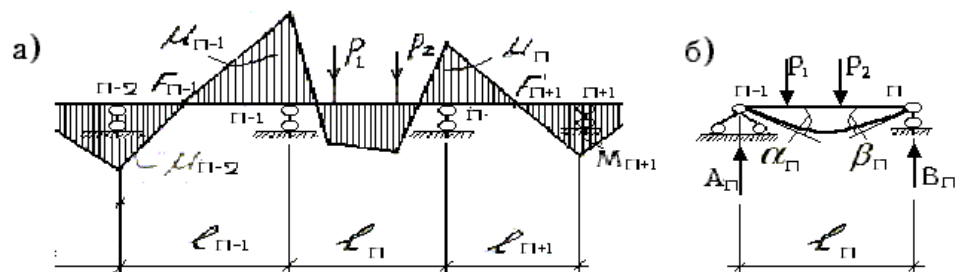
$$K_1 = -\frac{M_1}{0} = \infty$$



Agar chap uchi qistirilgan bo'lsa  $K_1=2$  bo'ladi. O'ng fokus nisbatlari huddi shu tartibda, tutash balkaning oxirgi prolyotidan, chap tomonga qarab hisoblanishi kerak.

### Tutash balka yuklangan oralig'ining tayanch momentlarini aniqlash.

Tutash balkaning faqat  $n$  – prolyoti yuklangan bo'lsin (5.3 – rasm)



5.3-rasm

Yuklangan prolyotning ( $l_n$ ) tayanch momentlari  $M_{n-1}$  va  $M_n$  ni aniqlash uchun yuklangan prolyotning ( $l_n$ ) tayanch momentlari  $M_{n-1}$  va  $M_n$  ni aniqlash uchun balkaning  $n-1$  va  $n$  tayanchlariga nisbatan uch moment tenglamalarini yozamiz:

$$\begin{cases} M_{n-2}l'_{n-1} + 2M_{n-1}(l'_{n-1} + l'_n) + M_n l'_n = -6EI\alpha_n \\ M_{n-1}l'_n + 2M_n(l'_n + l'_{n+1}) + M_{n+1}l'_{n+1} = -6EI\beta_n \end{cases}$$

Tayanch momentlari  $M_{n-2}$  va  $M_{n+1}$  ni qolgan ikki tayanch momentlari orqali ifodalaymiz:

$$\begin{aligned} M_{n-2} &= -\frac{M_{n-1}}{K_{n-1}}, \quad M_{n+1} = -\frac{M_n}{K'_{n+1}}, \quad \text{u holda} \\ \left. \begin{aligned} M_{n-1} \left[ -\frac{l'_{n-1}}{K_{n-1}} + 2(l'_{n-1} + l'_n) \right] + M_n l'_n &= -6EI\alpha_n \\ M_{n-1} l'_n + M_n \left[ 2(l'_n + l'_{n+1}) - \frac{l'_{n+1}}{K'_{n+1}} \right] &= -6EI\beta_n \end{aligned} \right\} \end{aligned}$$

Tenglamalarning ikkala tomonini  $l'_n$  ga bo'laymiz:

$$\begin{cases} M_{n-1} \left[ 2 + \frac{l'_{n-1}}{l'_n} \left( 2 - \frac{1}{k_{n-1}} \right) \right] + M_n = -\frac{6EI\alpha_n}{l'_n} \\ M_{n-1} + M_n \left[ 2 + \frac{l'_{n+1}}{l'_n} \left( 2 - \frac{1}{k'_{n+1}} \right) \right] = -\frac{6EI\beta_n}{l'_n} \end{cases}$$

O'rta qavslarni fokus nisbatlari orqali ifodalab yozamiz:

$$\begin{cases} M_{n-1} \cdot K_n + M_n = -\frac{6EI\alpha_n}{l'_n} \\ M_{n-1} + M_n k_n^* = -\frac{6EI\beta_n}{l'_n} \end{cases}$$

Bu tenglamalarni yechib, yuklangan prolyotning tayanch momentlarini aniqlaymiz:

$$M_{n-1} = -\frac{6EI(\alpha_n k'_n - \beta_n)}{l'_n(k_n k'_n - 1)}; \quad M_n = -\frac{6EI(\beta_n k_n - \alpha_n)}{l'_n(k_n k'_n - 1)}. \quad (5.5)$$

(5.5) formulani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$M_{n-1} = -6 \frac{A_n^\phi k'_n - B_n^\phi}{l'_n(k_n k'_n - 1)}; \quad M_n = -6 \frac{B_n^\phi k_n - A_n^\phi}{l'_n(k_n k'_n - 1)}. \quad (5.6)$$

(5.6) formulani keltirib chiqarish uchun yuklangan  $l_n$  prolyotning  $n-1$  va  $n$  tayanchlari bo'yicha uch moment tenglamalarini yozamiz:

$$M_{n-1}l'_{n-1} + 2M_{n-1}(l'_{n-1} + l'_n) + M_{n+1}l'_n = -6 \left( \frac{I_0}{I_n} \cdot 0 + \frac{I_0}{I_{n+1}} \cdot A_n^\phi \right),$$



$$M_{n-2}l'_{n-1} + 2M_{n-1}(l'_{n-1} + l'_n) + M_n l'_n = -6 \left( \frac{I_0}{I_{n-1}} \cdot 0 + \frac{I_0}{I_n} \cdot A_n^\phi \right),$$

$M_{n-2}$  va  $M_{n+1}$  larni qolgan tayanch momentlari orqali ifodalaymiz:

$$M_{n-2} = -\frac{M_{n-1}}{K_{n-1}}, \quad M_{n-1} = -\frac{M_n}{K'_{n+1}}, \quad \text{u holda}$$

$$M_{n-1} \left[ -\frac{l'_{n-1}}{k_{n-1}} + 2(l'_n + l'_n) \right] + M_n l'_n = -6 \cdot \frac{I_0}{I_n} \cdot A_n^\phi$$

$$M_{n-1} l'_n + \left[ 2(l'_n + l'_{n+1}) - \frac{l'_{n+1}}{k'_{n+1}} \right] M_n = -6 \cdot \frac{I_0}{I_n} \cdot B_n^\phi$$

Tenglamalarning ikkala tomonini ga bo'lamiz:

$$M_{n-1} \left[ 2 + \frac{l'_{n-1}}{l'_n} \left( 2 - \frac{1}{k_{n-1}} \right) \right] + M_n = -6 \cdot \frac{I_0}{I_n} \cdot \frac{A_n^\phi}{l'_n} \quad \text{yoki}$$

$$M_{n-1} + M_n \left[ 2 + \frac{l'_{n+1}}{l'_n} \left( 2 - \frac{1}{k'_{n+1}} \right) \right] = -6 \cdot \frac{I_0}{I_n} \cdot \frac{B_n^\phi}{l'_n}$$

$$\left. \begin{aligned} M_{n-1} \cdot k_n + M_n &= -6 \frac{I_0}{I_n} \cdot \frac{A_n^\phi}{l'_n} \\ M_{n-1} + M_n \cdot k'_n &= -6 \frac{I_0}{I_n} \cdot \frac{B_n^\phi}{l'_n} \end{aligned} \right\}$$

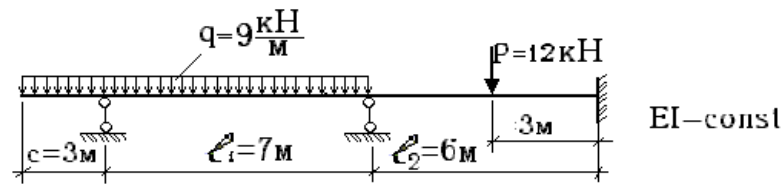
$$\text{u holda } M_{n-1} = -\frac{6(A_n^\phi k'_n - B_n^\phi)}{l'_n(k_n k'_n - 1)}; \quad M_n = -\frac{6(B_n^\phi k_n - A_n^\phi)}{l'_n(k_n k'_n - 1)},$$

SHunday qilib, tutash balkalarni moment fokuslari usulida hisoblash quyidagi tartibda bajariladi:

- 1) har bir prolyotning chap va o'ng fokuslar nisbatlari topiladi;
- 2) yuklangan prolyotlarning tayanch momentlari aniqlanadi;
- 3) (5.1) va (5.2) formulalardan foydalanib, yuklanmagan prolyotlarning tayanch momentlari hisoblanadi.

#### **Mustaqil ishlash va nazorat savollari:**

1. Qachon tutash balkalarni hisoblashda moment fokuslar usulini qo'llash qulay bo'ladi?
2. CHap va o'ng fokus nisbatlari formulalarini yozing.
3. Tayanch momentlari qachon nolga teng bo'ladi?
4. Fiktiv reaksiyalar qanday topiladi?
5. Birinchi va oxirgi oraliqlar uchun chap va o'ng fokus nisbatlari qanday topiladi?
6. Tutash balkalarni moment fokuslari usuli bilan hisoblashda asosiy sistema qanday tanlanadi?
7. Quyidagi balka uchun M va Q epyuralari uch moment tenglamalari yordamida qurilsin?



8. Yuklanmagan oraliqlarning tayanch momentlari qanday topiladi?
9. Berilgan balkaning birinchi oralg'i yuklangan bo'lsa, moment fokuslari usuli qanday qo'llaniladi?
10. Moment fokuslari usulini qo'llash tartibini ayting?

**20-21-22-Statik noaniq ramalarni ko'chishlar usulida hisoblash. Ko'chishlar usulining kanonik tenglamasi. Natijaviy eguvchi moment epyuralarini chizish va tekshirish**

**Reja:**

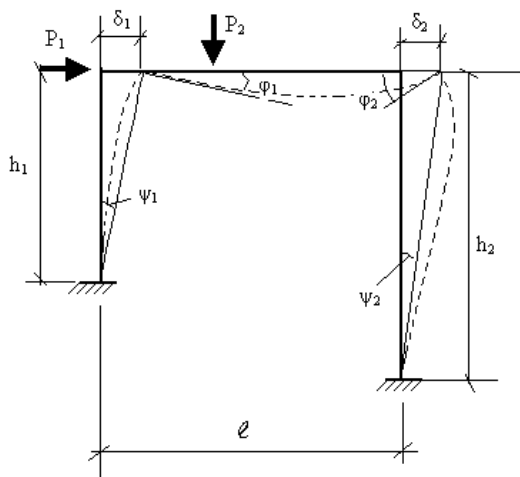
1. Ko'chishlar usulining mohiyati.
2. Ko'chishlar usulining noma'lumlari.
3. Ko'chish usulining asosiy sistemasi.
4. Ko'chishlar usulining kanonik tenglamalari.
5. Rama sterjeni chekka kesimining deformatsiyalari bilan tayanch momentlari orasidagi bog'lanish.
6. Kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlarini aniqlash.
7. Kanonik tenglamani yechish va noma'lumlarni aniqlash.
8. Tuzatilgan birlik epyuralarini chizish
9. Eguvchi moment epyurasini chizish va tekshirish.
10. Ko'ndalang va bo'ylama kuchlar epyuralarini chizish.
11. Epyuralarni birgalikda tekshirish. Statik noaniq ramani aralash va kombinasiyalash usullarida hisoblash

**Tayanch so'z va iboralar:**

*CHiziqli ko'chish, burchakli ko'chishlar, bikr tugun, erkinmas ramalar, erkin ramalar, noma'lumlar, bikr bog'lanish, chiziqli bog'lanish, reaktiv moment, reaktiv kuch.*

**Ko'chishlar usulining mohiyati va noma'lumlari. Sistemaning kinematik noaniqlik darajasi.**

Statik aniqmas sistemalarni kuchlar usuli bilan hisoblashda ularning ortiqcha bog'lanishlari soni zo'riqish kuchlari (moment, bo'ylama va ko'ndalang kuchlar) noma'lum deb qabul qilingan edi. Bu zo'riqish miqdorlari aniqlangandan so'ng statik aniqmas sistemaning ko'chishlari hisoblanadi. Bu masalani boshqacha yo'l bilan yechish mumkin, buning uchun avval ramalarda hosil bo'lgan ko'chishlarni hisoblab, so'ngra uning ixtiyoriy kesimlaridagi ichki zo'riqish kuchlarining o'zgarish qonuni yoziladi va ularning umumiy epyurasini qurish mumkin. Masalan, 6.1-rasmda tasvirlangan rama tashqi kuchlar ta'sirida deformatsiyalanib, uning tugunlari burchakli va chiziqli ko'chadi (6.1 – rasm).



**6.1-rasm**

$\phi_1, \phi_2$  – burchakli ko'chishlar;  $\delta_1, \delta_2$  – chiziqli ko'chishlar;  $\psi_1, \psi_2$  – og'ish burchaklari.

Ustunning og'ish burchaklarini tugunlarning gorizontol ko'chishi orqali ifodalash mumkin:

$$\psi_1 = \frac{\delta_1}{h_1}; \quad \text{yoki} \quad \delta_1 = \psi_1 h_1; \quad \psi_2 = \frac{\delta_2}{h_2} \quad \text{yoki} \quad \delta_2 = \psi_2 h_2.$$

Gorizontal ko'chishlar  $\delta_1 = \delta_2 = \delta$  sababli  $\psi_1 = \psi_2 \frac{h_2}{h_1}$  yozish mumkin.

Ramalarni ko'chishlar usuli bilan hisoblashda noma'lum miqdor sifatida ulardagi tugunlarning burchakli  $\varphi$  va chiziqli  $\delta$  ko'chishlari qabul qilinadi. Bu ko'chishlar ( $\varphi$  va  $\delta$ ) ni hisoblashda rama elementlarini faqat egilishi ehtiborga olinib, ularning siqilishi yoki cho'zilishi hisobga olinmaydi.

Ramalarni ko'chishlar usuli bilan hisoblashda umumiy noma'lumlar soni  $n$  ularning tugunlarini burilishi va chiziqli ko'chishlarining yig'indisiga teng bo'ladi.

$$n = n_\varphi + n_\delta, \quad (6.1)$$

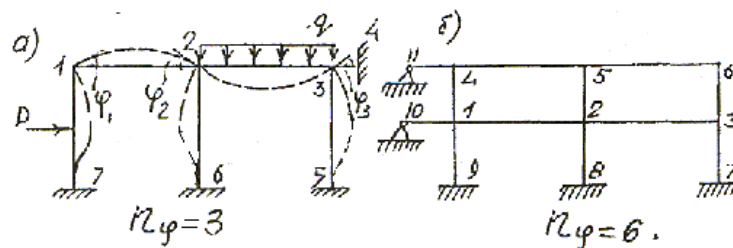
bunda;  $n_\varphi$  – birkir tugunlarning burilish burchaklari soni,

$n_\delta$  – tugunlarning chiziqli ko'chishlari soni.

Umumiy noma'lumlar soni  $n$  ramaning kinematik aniqmaslik darajasi deyiladi.

Ramalar ikki guruhga bo'linadi:

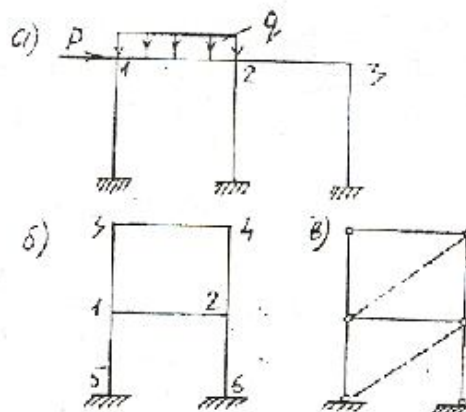
**Erkinmas ramalar.** Bunday ramalar tugunlarining chiziqli ko'chishi nolga teng bo'ladi ( $n_\delta = 0$ ). Erkinmas ramalarning kinematik aniqmaslik darajasi ular tugunlarining burchakli ko'chishlar soniga teng bo'ladi. (6.2 – rasm).



6.2 – rasm

**2. Erkin ramalar.** Bu guruhga tugunlari burchakli va chiziqli ko'chishlarga ega bo'lgan ramalar kiradi (6.3 – rasm).  $\delta_1 = \delta_2 = \delta_3$ ;  $n_\varphi = 3$ ;  $n_\delta = 1$  kinematik aniqmaslik darajasi  $n = 3 + 1 = 4$  bo'ladi.

Murakkab erkin ramalar tugunlarining chiziqli ko'chishlari sonini aniqlash uchun ularning har bir tuguniga sharnir kiritish yo'li bilan yangi sharnirli sxema hosil qilamiz. Bu sharnirli mexanizmning erkinlik darajasi ramaning chiziqli ko'chishlari soniga teng. 6.3b – rasmda ko'rsatilgan ramaning kinematik aniqmaslik darajasi  $n = n_\varphi + n_\delta = 4 + 2 = 6$  bo'ladi.

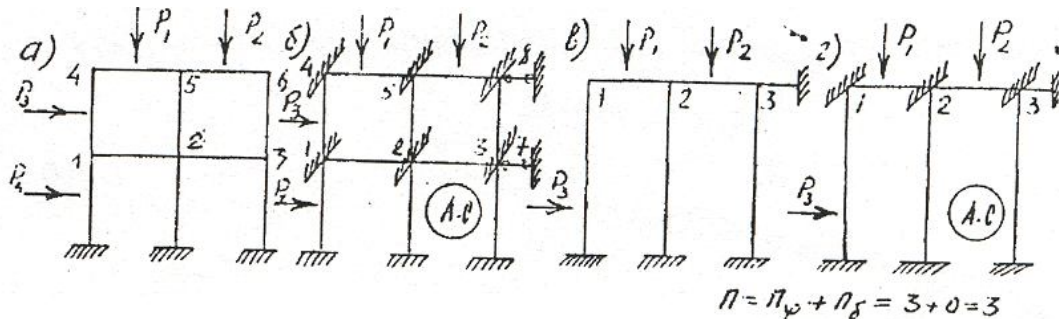


6.3 – rasm

### Ko'chish usulining asosiy sistemasi.

Ko'chishlar usulida asosiy sistema berilgan ramaga, uning tugunlarining burchakli va chiziqli ko'chishlariga qarshilik ko'rsatuvchi ikki hil qo'shimcha bog'lovchilar kiritish yo'li bilan hosil qilinadi. Birinchi hil bog'lovchilar faqat tugunlarning burchakli ko'chishlariga qarshilik ko'rsatadi, ikkinchi hil bog'lovchilar esa tugunlarning chiziqli ko'chishlariga imkon bermaydi. 6.4-rasmda ko'rsatilgan rama uchun yuqorida bayon etilgan tartibda asosiy sistema tanlaymiz.

Noma'lumlar soni  $n=8$ , bundan  $n_\varphi=6$ ,  $n_\delta=2$  ga teng bo'ladi.



6.4 – rasm

Demak, ko'chishlar usulining asosiy sistemasi bir prolyotli statik aniqmas balkalardan tashkil topgan bo'ladi.

### Ko'chish usulining kanonik tenglamalari.

Tashqi kuchlar ta'sirida bo'lgan rama tugunlarining chiziqli va burchakli ko'chishlarini aniqlash uchun kanonik tenglamalar sistemasini tuzish printsipli berilgan rama bilan asosiy sistemalar o'rtasidagi farqlarni yo'qotishga asoslangan.

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'lanishlar yo'q, ya'ni

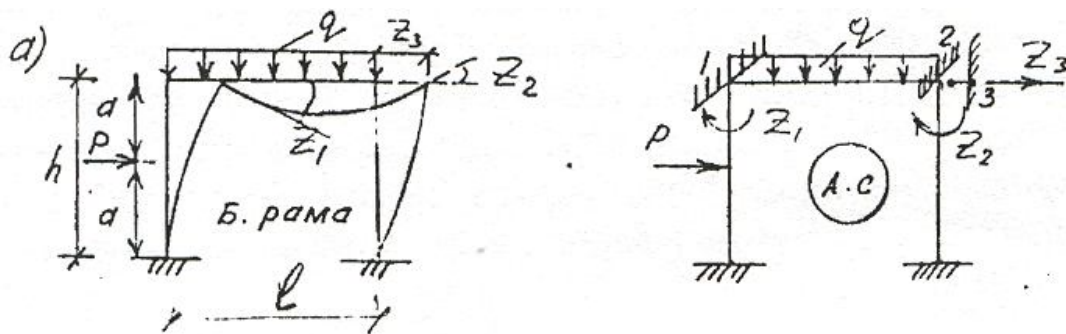
$$R_1=0; R_2=0; \dots R_n=0 \quad (6.2)$$

Bu shartni qanoatlantiruvchi tenglamalar ko'chishlar usulining kanonik tenglamalar sistemasi deyiladi.

Kanonik tenglamalar tuzish tartibini quyidagi misolda ko'rib chiqamiz: (6.5-rasm).

Rama tugunlarining burchakli va chiziqli noma'lum ko'chishlarini  $Z_i$  bilan belgilaymiz.

Asosiy sistema hosil qilish uchun rama tugunlariga qo'yilgan qo'shimcha bog'lanishlarda tashqi kuchlar va  $Z_1, Z_2, Z_3$  ko'chishlardan reaktiv momentlar va zo'riqish kuchlari hosil bo'ladi.



6.5 – rasm

Asosiy sistema berilgan sistemaga ekvivalent bo'lishi uchun

$$\left. \begin{aligned} R_{1(Z_1, Z_2, Z_3, P)} &= 0, \\ R_{2(Z_1, Z_2, Z_3, P)} &= 0, \\ R_{3(Z_1, Z_2, Z_3, P)} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (6.2')$$

bo'lishi kerak.

Bunda  $R_1$  va  $R_2$  – asosiy sistema birinchi hil bog'lanishlaridagi tashqi kuch,  $Z_1$ ,  $Z_2$ , - burchakli va  $Z_3$  – chiziqli ko'chishlardan hosil bo'lgan reaktiv momentlarning yig'indisi;

$R_3$  – asosiy sistema tugunlarining gorizontal ko'chishiga qarshilik ko'rsatuvchi reaktiv zo'riqish kuchlarining yig'indisi.

Kuchlar ta'sirining mustaqillik printsiptiga asosan (6.2') sistemaning birinchi tenglamasini yoyib chiqamiz:

$$R_1 = R_{1Z1} + R_{1Z2} + R_{1Z3} + R_{1P} \quad (6.2'')$$

Bunda birinchi indeks asosiy sistema bog'lanishlarining nomerini, ikkinchi indeks esa shu bog'lanishdagi reaksiyaning hosil bo'lish sababini ko'rsatadi.

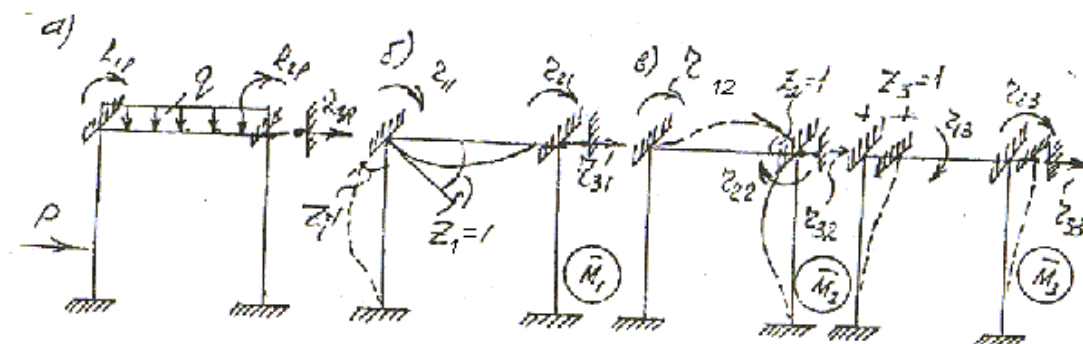
Masalan:  $R_1$  - birinchi bog'lanishida  $Z_1$  burchakli ko'chishdan hosil bo'lgan reaktiv moment va x.k.z...

$R_{1R}$  – asosiy sistema birinchi bog'lanishida tashqi kuchdan hosil bo'lgan reaktiv moment.

$R_{1Z1}$ ,  $R_{1Z2}$  va  $R_{1Z3}$  reaktiv moment va kuchlarni tegishli birlik ko'chishlardan hosil bo'lgan birlik reaksiya orqali quyidagicha ifodalaymiz:

$$R_{1Z1} = r_{11}Z_1; \quad R_{1Z2} = r_{12}Z_2; \quad R_{1Z3} = r_{13}Z_3,$$

bunda:  $r_{11}$  – asosiy sistemaning birinchi bog'lanishini birlik burchakka ( $Z_1=1$ ) burilishidan hosil bo'lgan reaktiv moment (6.6b-rasm).



6.6 – rasm

U xolda (6.2'') tenglama quyidagi qo'rinishga keladi

$$R_1 = r_{11}Z_1 + r_{12}Z_2 + r_{13}Z_3 + R_{1R} = 0$$

Yuqoridagilarni 6.2' tenglamaning 2 va 3 – qatoriga nisbatan yozsak quyidagi tenglamalar sistemasi hosil bo'ladi.

$$\left. \begin{aligned} r_{11}Z_1 + r_{12}Z_2 + r_{13}Z_3 + R_{1P} &= 0, \\ r_{21}Z_1 + r_{22}Z_2 + r_{23}Z_3 + R_{2P} &= 0, \\ r_{31}Z_1 + r_{32}Z_2 + r_{33}Z_3 + R_{3P} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (6.3)$$

Bu ifoda ko'chishlar usulining kanonik tenglamalar sistemasidir.

Agar rama  $n$  marta kinematik aniqlas bo'lsa, ko'chishlar usulining kanonik tenglamalar sistemasi quyidagicha yoziladi:

$$\left. \begin{aligned} r_{11}Z_1 + r_{12}Z_2 + \dots + r_{1n}Z_n + R_{1P} &= 0, \\ r_{21}Z_1 + r_{22}Z_2 + \dots + r_{2n}Z_n + R_{2P} &= 0, \\ \dots & \\ r_{n1}Z_1 + r_{n2}Z_2 + \dots + r_{nn}Z_n + R_{nP} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (6.4)$$

bu yerda:  $r_{ii}$  – bosh reaksiyalar;

$r_{ik} = r_{ki}$  – yordamchi reaksiyalar deyiladi.

#### Mustaqil ishlash va nazorat savollari:

1. Statik noaniq ramalarni hisoblashda ko'chish usuli deb nomlanishiga sabab nima?
2. Ko'chish usulining noma'lumlari bir-biridan qanday farq qiladi?
3. Ko'chish usulining asosiy sistemasi necha hil bo'ladi?

4. Asosiy sistema qanday shartlarga javob berishi kerak?
5. Ko'chish usulining kanonik tenglamalari qanday mahnoni bildiradi?
6. Ko'chish usulining noma'lumlari bir-biridan qanday farq qiladi?
7. Ko'chish usulining asosiy sistemasi necha hil bo'ladi?
8. Bikir va chiziqli bog'lanishlarda qanday zo'riqishlar hosil bo'ladi?
9. Asosiy sistema qanday shartlarga javob berishi kerak?
10. Ko'chish usulining kanonik tenglamalari noma'lumlarining koeffitsientlari va ozod hadlari qanday tekshiriladi?

## Amaliy mashg'ulot materiallari

### Inshootlar hisoblash sxemalarining kinematik analizi.

Inshootlarni hisoblashga kirishdan oldin uning hisoblash sxemasini tuzish zarur va sistemaning yoki uning alohida qismini qo'zg'almasligi va geometrik o'zgarasligi masalasini hal qilish uchun kinematik tahlil qilinadi. Bundan tashqari, uning oniy o'zgarasligi (o'zgaruvchanligi) ni tekshirish kerak bo'ladi. Qisman bu savolga javob, hisoblash sxemalarini erkinlik darajalari sonini aniqlash bilan bog'liq.

Hisoblash sxemasi deb, haqiqiy inshootlarni soddalashtirilgan tasviri tushuniladi. U inshootlarni yuk ostidagi holatini aniqlovchi asosiy xususiyatlarini ifodalaydi, ikkinchi darajali omillarni hisobga olmaydi.

Yassi sterjenli sistemalarning erkinlik darajasi deb, uning yerga nisbatan tekislikda olgan holatini aniqlovchi bir-biriga bog'liq bo'lmagan geometrik parametrlar soniga aytiladi.

#### Asosiy ta'riflar

Agar sistemaning shakli, faqat uni tashkil etuvchi elementlarning deformatsiyasi tufayli o'zgarsa, geometrik o'zgaras sistemasi deyiladi.

Agar sistema o'z shaklini uni tashkil etuvchi elementlarning deformatsiyalarisiz o'zgartirsa, geometrik o'zgaruvchan sistemasi deyiladi.

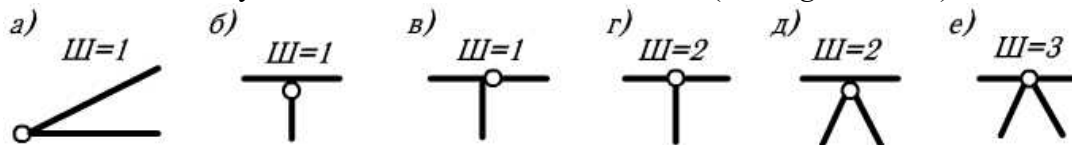
Agar sistema elementlarining deformatsiyalarisiz, uning nuqtalari cheksiz kichik ko'chishlarga erishsa, oniy o'zgaruvchan sistemasi deyiladi. Ko'chishlar to'xtaganidan so'ng u o'zgaras sistemaga aylanadi.

O'zlarining shakli va o'lchamlarini o'zgartirmaydigan mutlaq bikir element yoki elementlar sistemasi disk deyiladi. Disk tekislikda uch erkinlik darajasiga ega bo'ladi. Cheksiz uzunlikka ega bo'lgan disk yer deyiladi.

Jism yoki sistemalarning bir erkinlik darajasini chegaralovchi qurilma kinematik bog'lanish deyiladi. Bog'lanishlar sifatida sharnirlar, tayanch sterjenlari qo'llaniladi.

Ikki diskni birlashtiruvchi va ikki kinematik bog'lanishga teng kuchli bo'lgan qurilma, tsilindrik oddiy sharnir deyiladi (1.1.1, a...v- rasm).

Uch va undan ko'p disklar karrali (murakkab) sharnirga birlashadi va  $n-1$  oddiy sharnirga teng kuchli bo'ladi, bu yerda  $n$  - birlashtiruvchi disklar soni (1.1.1, g...e- rasm).



1.1.1- rasm

Masalan, 1.1.1, g...d-rasmlarda ko'rsatilgan holatlarda sharnir uchta disk (sterjenlar)ni birlashtiradi va uning qiymati  $SH=n-1=3-1=2$  ga teng, 1.1.1,e-rasmda keltirilgan holat uchun esa,  $SH=n-1=4-1=3$ , bu yerda  $SH$  - oddiy (keltirilgan) sharnirlar soni.

1.1.1,a,g,e-rasmlarda ko'rsatilgan sharnirlar to'liq, 1.1.1,b,v,d-rasmlarda ko'rsatilgan sharnirlar esa to'liq bo'lmagan sharnirlar deyiladi.

SHarnirli-sterjenli sistemalar (fermalar) tuguni deb, ikki erkinlik darajasiga ega bo'lgan nuqtani tushunamiz.

Sistemalar erkinlik darajasi  $W$  va tayanch sterjenlariga ega bo'lmagan sistemalarning o'zgaruvchanlik darajasi  $V$  quyidagi formulalardan aniqlanadi:

$$W = 3D - 2III - C_T; \quad (1.1)$$

$$V = 3D - 2III - 3; \quad (1.2)$$

$$W = 3D - 2III - C_T - 3K \quad (1.3)$$

$$V = 3D - 2III - 3 - 3K \quad (1.4)$$

$$W = 2V - C - C_T; \quad (1.5)$$

$$V = 2V - C - 3; \quad (1.6)$$

bu yerda  $D$ – disklar soni;  $SH$  – oddiy (keltirilgan) sharnirlar soni;  $S_t$  – tayanch sterjenlari soni;  $U$  – ferma tugunlari soni;  $S$  - ferma sterjenlari soni;  $K$  – sharnirsiz yopiq konturlar soni.

Yuqorida keltirilgan formulalar bo'yicha olingan  $W$  ning hisoblash natijalariga ko'ra, uchta hol bo'lishi mumkin:

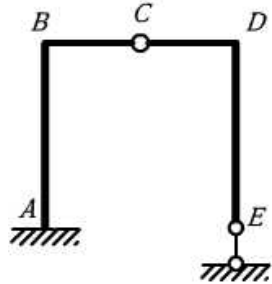
1.  $W > 0$ ; ( $V > 0$ ) – sistema geometrik o'zgaruvchi, chunki yetarli bog'lanishlarga ega emas, umuman aytganda bunday shakl qurilish tuzilmalari sifatida qo'llanilishi mumkin emas.

2.  $W = 0$ ; ( $V = 0$ ) – sistema eng kam zarur bog'lanishlar soniga ega, ularni to'g'ri joylashtirish orqali geometrik o'zgarmas va statik aniq sistema hosil qilinadi.

3.  $W < 0$ ; ( $V < 0$ ) – sistema ortiqcha bog'lanishlarga ega, ularni to'g'ri joylashtirish orqali geometrik o'zgarmas va statik noaniq sistema hosil qilinadi.  $W = 1$  bo'lgan sistema mexanizm deyiladi.

$W \leq 0$  shart, sistemaning geometrik o'zgarmasligining zaruriy belgisi hisoblanadi, lekin qaralayotgan hisob sxemasining o'zgarmasligi masalasida savolga yetarli javob bermaydi. SHuning uchun, geometrik tuzilishini qo'shimcha tahlil qilib, to'g'rimi (yoki noto'g'ri) va diskarni o'zaro qanday ketma-ketlikda, yer bilan qanday bog'langanligini aniqlash kerak.

**1.1- misol.** 1.1.1- rasmda ko'rsatilgan sistemani kinematik tahlil qilinsin.



Dastlab (1.1) formulasi yordamida sistemaning erkinlik darajasini aniqlaymiz. Barcha sharnir va tayanch sterjenlarini tashlab yuboramiz.

Sistema ikki diskdan, ya'ni  $D=2$ ,  $S$  nuqtasidagi bitta sharnir va to'rtta tayanch sterjenlaridan (bikir tayanch uchta tayanch sterjenlaridan iborat)  $S_t=4$  dan iboratligini aniqlaymiz.

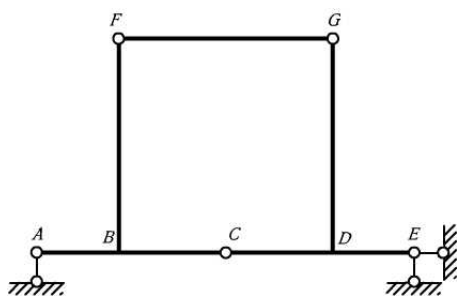
$$W = 3D - 2III - C_T = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 1 - 4 = 0$$

SHunday qilib, sistema o'zgarmas va statik aniq bo'lishi uchun eng kam zarur miqdordagi bog'lanishlarga ega.

Sistemalar geometrik strukturasining tahlilini bajaramiz.  $AVS$  disk yer bilan bikir bog'langanligi sababli,  $AVS$  diskni yer deb hisoblash mumkin. Ushbu diskka  $CDE$  diski sharnir markazi orqali o'tmagan tayanch sterjeni va  $S$  sharniri yordamida biriktirilgan. SHunday qilib, sistema o'zgarmas sistema tuzish qoidasiga mos holda tuzilgan. U statik aniq, geometrik va oniy o'zgarmas.

**1.2- misol.** 1.1.2- rasmda ko'rsatilgan sistemani kinematik tahlil qilinsin.

Sistemaning erkinlik darajasini hisoblaymiz. Barcha sharnir va tayanch sterjenlarini tashlab yuborib, topamiz:  $D = 3$ ,  $SH = 3$ ,  $S_t = 3$ . U holda  $W = 3D - 2III - C_T = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 3 - 3 = 0$

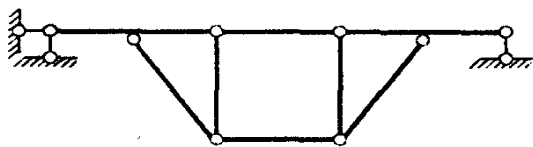


Sistema o'zgarmas va statik aniq bo'lishi uchun eng kam zaruriy bog'lanishlar soniga ega. Uning o'zgarmasligiga ishonish uchun, geometrik strukturasining tahlilini bajarish kerak. Uchta  $G'ABC$ ,  $GSDE$  va  $G'G$  diskleri o'zaro bir to'g'ri chiziqli yotmagan  $SG'G$  sharnirlari bilan bog'lanib, tuzilishni tashkil qilish qoidasi asosida yangi diskni tuzadi. Ushbu disk yerga bir nuqtada kesishmagan uchta tayanch sterjenlari yordamida biriktirilgan. SHunday qilib,

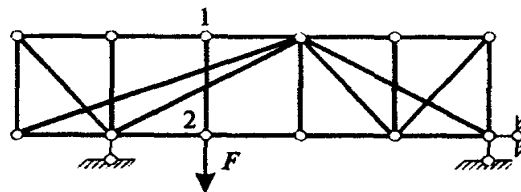
sistema geometrik va oniy o'zgarmas, statik aniq.

**1.3- misol.** 1.1.3-rasmda ko'rsatilgan sistema tekshirilsin. Disklar soni  $D=8$ , oddiy (keltirilgan) sharnirlar soni  $SH=10$ , tayanch sterjenlari soni  $S_f=3$ . SHunday qilib,  $W = 3D - 2SH - C_T = 3 \cdot 8 - 2 \cdot 10 - 3 = 1$ .

Sistema bir erkinlik darajasiga ega, ya'ni mexanizm bo'lib hisoblanadi va qurilish tuzilmasi sifatida qo'llash mumkin emas.



1.1.3-rasm.



1.1.4-rasm.

**1.4- misol.** 1.1.4- rasmda ko'rsatilgan sistema tekshirilsin.

Sistema sharnirli-sterjenli bo'lganligi sababli, uning erkinlik darajasini aniqlash uchun (1.5) formulani qo'llaymiz. Tugunlar soni  $Y=12$ , sterjenlar soni  $S=22$ , tayanch sterjenlari soni  $S_f=3$ . SHunday qilib,  $W = 2Y - C - C_T = 2 \cdot 12 - 22 - 3 = -1$  Sistema bitta ortiqcha bog'lanishga ega. 2 -pastki tugunni kesib va muvozanat tenglamasi  $\sum U = 0$  ni tuzib:  $N_{1-2}=G'$  ni olamiz, yuqorigi 1-tugunni kesilishidan esa  $-N_{1-2}=0$ . Sterjen uchun topilgan zo'riqishlar  $N_{1-2}$  qarama-qarshi hisoblanadi. Berilgan sistema statik belgilariga ko'ra oniy o'zgaruvchi bo'ladi.

**Mavzu: Oddiy va konsol balkalarda zo'riqishlarni ta'sir chiziqlarini statik usulda chizish.**

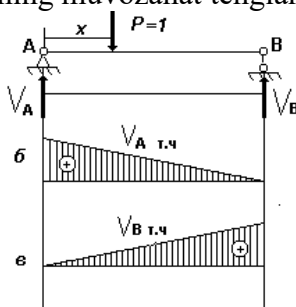
**Ta'sir chiziq-lari yordamida zo'riqishlarni aniqlash.**

Harakatlanuvchi kuchlar sistemasi qo'yilgan balkalarni hisoblash uchun ularni avval birlik ko'chma kuch ( $P=1$ ) ta'siriga hisoblash kerak. Balkaning tayanch reaksiyalari, eguvchi moment va ko'ndalang kuchlarning miqdorlari uning ustida harakatlanuvchi birlik kuchning vaziyatiga bog'liq (2.1-rasm):

$$A = f_1(x); \quad B = f_1(x); \quad M = f_3(x); \quad \text{va} \quad Q = f_2(x); \quad (2.1')$$

Ta'sir chizig'ini qurish uchun birlik kuch ( $P=1$ ) balka ustidagi ma'lum nuqtalarga ketma-ket qo'yilib, bizni qiziqtirayotgan miqdorning o'zgarish qonunini ifodalovchi funksiya (2.1) aniqlanadi. So'ngra bu funktsiyaning grafigi chiziladi.

**Oddiy balka tayanch reaksiyalarining ta'sir chizig'i.** CHap tayanch reaksiyasining ta'sir chizig'ini qurish uchun balka ustida harakatlanuvchi birlik yukni ( $P=1$ ) chap tayanchdan  $x$  masofada joylashtiramiz va statikaning muvozanat tenglamasini yozamiz (2.1-rasm):



2.1 - rasm

$$\sum M_B = 0, Al - P(1-x) = 0.$$

Bundan,

$$A = P \frac{l-x}{l} \quad \text{yoki} \quad A = \frac{l-x}{l} \quad (2.2)$$

(2.2) ifoda tayanch reaksiyasi  $A$  ning ta'sir chizig'i tenglamasidir. O'zgaruvchan abssissa  $x$  birinchi darajali bo'lgani uchun (2.2) ifoda to'g'ri chiziq tenglamasi bo'ladi.



Tayanch reaksiyasi  $A$  ning ta'sir chizig'ini chizish uchun (2.2) tenglamadagi abssissa  $x$  ga  $0 \leq x \leq 1$  oraliqda qiymatlar beramiz ( $P=1$ ) yuk chap va o'ng tayanchlar orasida harakatlanadi).  $x=0$  da  $A=1$  va  $x=1$  bo'lganda  $A=0$  bo'ladi.

Koordinatalar sistemasida  $A$  tayanchning tagiga biror masshtabda birga teng bo'lgan ordinatani  $x=0$  da  $A=1$ ,  $B$  tayanchning tagiga esa nolga teng bo'lgan ordinatani  $x=1$  da  $A=0$  qo'yib, hosil bo'lgan nuqtalarni to'g'ri chiziq bilan birlashtiramiz (2.2-rasm, b). Bu grafik reaksiya  $A$  ning ta'sir chizig'i bo'ladi. Uni qisqacha  $A$  t.ch. deb belgilaymiz

$A$  ta'sir chizig'ining har bir ordinatasi harakatlanuvchi birlik kuch shu ordinataga to'g'ri kelgan kesim ustida turgan vaziyatida hosil bo'lgan  $A$  tayanch reaksiyasining qabul qilingan masshtabdagi miqdorini ifodalaydi.

O'ng tayanch reaksiya  $B$  ning ta'sir chizig'ini quramiz. Birlik yuk ( $P=1$ ) ni chap tayanchdan  $x$  masofada balka ustida turgan vaziyati uchun statikaning  $\sum M_A = 0$  muvozanat tenglamasini yozamiz (2.1-rasm):

$$-B + Px = 0, \quad \text{bundan} \quad B = \frac{x}{l}. \quad (2.3)$$

(2.3) tenglik  $B$  tayanch reaksiyasining ta'sir chizig'i tenglamasidir, bunda  $0 \leq x \leq 1$   $x=0$  da  $B=0$   $x=1$  da esa  $B=1$  bo'ladi.

$B$  tayanch reaksiyasining ta'sir chizig'ini chizish uchun koordinalar sistemasida o'ng tayanch ostiga birga teng bo'lgan ordinatani, chap tayanch tagida esa nollik ordinatani qo'yib nuqtalarni to'g'ri chiziq bilan birlashtiramiz. Bu grafik (2.2-rasm, v)  $B$  reaksiyaning ta'sir chizig'i ( $V$  t.ch.) bo'ladi.

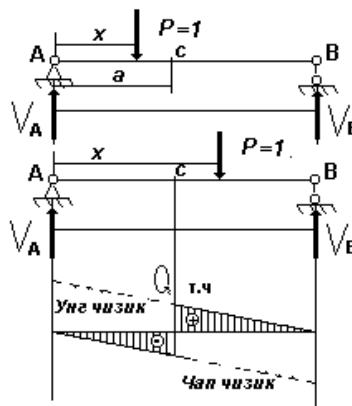
(2.2) va (2.3) ifodalarga ko'ra,  $A$  va  $B$  tayanch reaksiya ta'sir chiziqlarining ordinalari musbat ishorali bo'lib, o'lchamsiz miqdordir.

**Ko'ndalang kuchning ta'sir chizig'i.** Balkaning berilgan kesimi  $C$  dagi ko'ndalang kuch  $Q_c$  ning ta'sir chizig'ini qurish uchun birlik kuch ( $P=1$ ) ning ikki vaziyatini tekshirish kerak (2.2-rasm).

*Birinchi vaziyat.* Birlik ko'chma kuch ( $P=1$ )  $C$  kesimdan chap tomonda harakat qiladi, ya'ni  $0 \leq x \leq a$ . Balka o'ng tomoning muvozanatini ko'rib  $Q_c^{yan}$  ni aniqlaymiz:

$$\sum Y = 0, \quad \text{bundan} \quad Q_c^{yan} = -B = -\frac{x}{l}. \quad (2.4)$$

*Ikkinchi vaziyat.* Birlik ko'chma kuch  $C$  kesimdan o'ng tomonda harakat qilsin. Unda  $0 \leq x \leq 1$  (2.2-rasm). Balka chap qismining muvozanatini tekshiramiz:  $Q_c^{yan} = -A = -\frac{x}{l}$ . (2.4')



2.2 - rasm

(2.4) ga asosan,  $Q_c^{yan}$  chap chiziq ordinalari chap tayanchdan  $C$  kesimgacha balkaning  $B$  tayanch reaksiyasi ta'sir chizig'ining teskari ishora bilan olingan ordinalari qiymatiga va (2.4') ga asosan,  $Q_c^{yan}$  chiziq esa  $C$  kesimdan balkaning oxirigacha  $A$  reaksiyaning ta'sir

chizig'iga mos keladi.  $Q_c$  ning ta'sir chizig'ini chizish uchun chap tayanch ostiga biror masshtabda musbat birlik ordinata qo'yib, uni o'ng tayanch tagidagi nollik ordinata bilan tutashtiramiz (bu o'ng chiziq deb ataladi), so'ngra o'ng tayanch ostiga manfiy birlik ordinata ko'yib, uni chap tayanch tagidagi nollik ordinata bilan tutashtiramiz (bu o'ng chiziq deb ataladi), so'ngra o'ng tayanch ostiga manfiy birlik ordinata ko'yib, uni chap tayanch tagidagi nollik ordinata bilan tutashtiramiz (chap chiziq).

O'ng va chap chiziqlar bir-biriga parallel bo'ladi. CHap chiziq balkaning chap tayanchidan  $C$  kesimgacha, o'ng chiziq esa  $C$  kesimdan o'ng tayanchgacha  $Q_c$  ning o'zgarishini ifodalaydi (2.2-rasmdagi shtrix chiziq). Ko'ndalang kuch ta'sir chiziqlarining ordinalari yuqorida keltirilgan tenglamalarga asosan o'lchamsiz miqdordir.

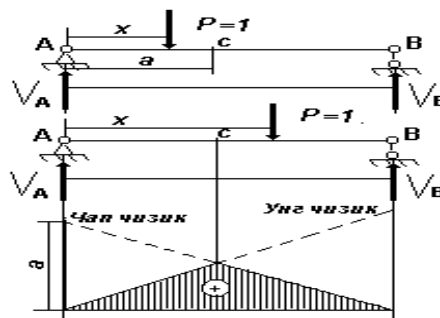
**Eguvchi momentning ta'sir chizig'i.** Balkaning  $C$  kesimida hosil bo'ladigan eguvchi moment ta'sir chizig'ini qurish uchun ham birlik kuchning ikki holatini tekshiramiz (2.3-rasm).

*Birinchi holat.* ( $P=1$ ) kuch  $C$  kesimning chap tomonida harakatlanadi.

( $0 \leq x \leq a$ )  $a$  deb faraz qilib (2.3-rasm, a),  $M_C^{qan}$  eguvchi moment tenglamasini balkaning o'ng tomoni muvozanatiga asosan yozamiz:

$$M_C^{qan} = B(1-a) = x/1 \quad (2.5)$$

Bu tenglama  $P=1$  yuk chap tayanchdan kesimgacha harakatlanganda  $M_C$  eguvchi moment qiymatining o'zgarishini ifodalaydi. Uning grafigini (chap chiziq deb ataladi) chizish uchun, o'ng tayanch ostiga  $1-a$  o'zgarimas songa teng ordinata qo'yib,  $A$  tayanch ostidagi nollik ordinata bilan birlashtiramiz.



2.3 - rasm

*Ikkinchi holat*  $P=1$  ko'chma kuch  $C$  kesimning o'ng tomonida (2.3-rasm, b) harakat qiladi ( $a \leq x \leq l$ ) deb,  $M_C^{yn2}$  ni aniqlaymiz. Balka chap tomonining muvozanatini tekshiramiz, bunda :

$$M_C^{yn2} = A \cdot a = (1-x/1) \cdot a \quad (2.5')$$

Demak,  $M_C^{yn2}$  chiziq bu chegarada  $A$  reaksiyaning ta'sir chizig'i ordinalarini  $a$  o'zgarimas songa ko'paytirib chizilganiga to'g'ri keladi. Bu chiziq o'ng chiziq deyiladi (2.3-rasm, b).

CHap chiziq bilan o'ng chiziq  $C$  kesim tagida kesishadi, chunki  $x=a$  ni (2.5) va (2.5') ifodalarga qo'ysak,  $M_C^{qan}$  va  $M_C^{yn2}$  ordinalarning tengligini ko'ramiz.  $M_C$  ta'sir chizig'ining ordinalasi  $P=1$  ko'chma yuk shu ordinata ustida turganida  $C$  kesimda hosil bo'lgan eguvchi momentning miqdorini qabul qilingan masshtabda ifodalaydi. (2.5) va (2.5') formulalarga asosan, bu ordinalaning o'lchov birligi metr bo'ladi.

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

**Ko'p oraliqli statik aniq balkalar uchun quyidagilar talab etiladi.**

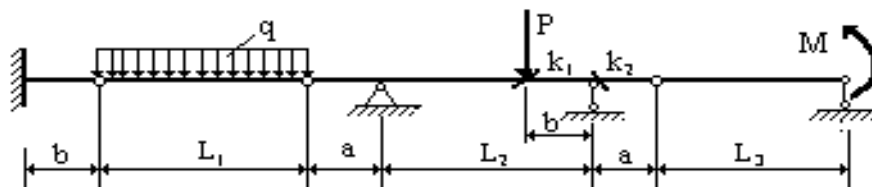
1. Analitik yo'l bilan eguvchi moment  $M$  va kesuvchi kuch  $Q$  qiymatlari aniqlansin va epyurasi qurilsin.

2. Berilgan kesim uchun eguvchi moment  $M$  va kesuvchi kuch  $Q$  hamda ixtiyoriy bitta tayanch reaksiya kuchini  $R$  ta'sir chizig'i qurilsin.

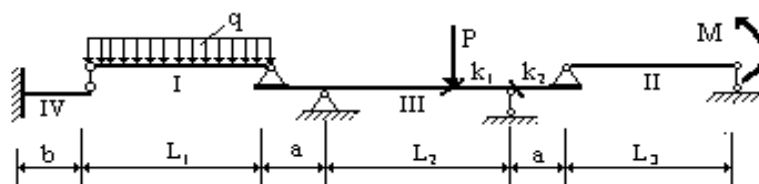
3. Ta'sir chizig'lar yordamida berilgan kesimni eguvchi moment  $M$  va kesuvchi kuch  $Q$  hamda tayanch reaksiya kuchi  $R$  ni qiymatlari topilsin.

Berilgan:

$$\begin{array}{lll} q = 2 \text{ kN/m} & b = 2 \text{ m} & L_2 = 7 \text{ m} \\ P = 3 \text{ kN} & a = 1,5 \text{ m} & L_3 = 5 \text{ m} \\ M = 2,5 \text{ kN} \cdot \text{m} & L_1 = 6 \text{ m} & \text{kesim № 1.2} \end{array}$$

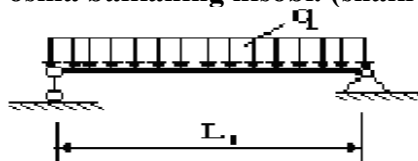


1. Ko'p oraliq statik aniq balkalarni o'zaro bog'lanish sxemasini qurish.



Balkalarni o'zaro bog'lanish sxemasidan balkalarni hisoblash tartibi bo'yicha turlarga ajratamiz. Demak, I va II - osma balka, III va IV - asosiy balka deb ataladi.

2. I-osma balkaning hisobi. (shakl 1v.)



Reaksiya kuchlarini aniqlaymiz.

$$\begin{array}{lll} \sum M_B = 0 & -V_c \cdot 6 + q \frac{6^2}{2} = 0 & V_c = \frac{q \cdot \frac{6^2}{2}}{6} = \frac{2 \cdot \frac{36}{2}}{6} = 6 \text{ kN} \\ \sum M_c = 0 & V_b \cdot 6 - q \frac{6^2}{2} = 0 & V_b = \frac{q \cdot \frac{6^2}{2}}{6} = \frac{2 \cdot \frac{36}{2}}{6} = 6 \text{ kN} \\ \text{Tekshiramiz} & \sum_{pr} Y = 0 & V_c + V_b - q \cdot 6 = 6 + 6 - 12 = 0 \end{array}$$

Balkaning harakterli nuqtalarni ko'ndalang kuch  $Q$  qiymatini hisoblaymiz.

$$\text{V kesimda} \quad Q^{o'ng} = V_b = 6 \text{ kN}$$

$$2 \text{ kesimda} \quad Q_2 = V_b - q \cdot 3 = 6 - 2 \cdot 3 = 0$$

$$C \text{ kesimda} \quad Q_c^{chap} = V_b - q \cdot 6 = 6 - 2 \cdot 6 = -6 \text{ kN}$$

Eguvchi moment  $M$  epyurasini V-S oraliqda quramiz.

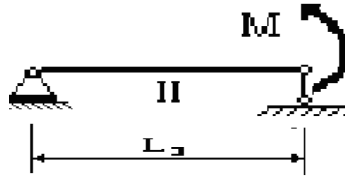
$$0 \leq x \leq 6 \text{ m} \quad M_x = V_b \cdot x - q \frac{x^2}{2}$$

$$x = 0 \text{ da moment} \quad M_b = 0$$

$$x = 3 \text{ da moment} \quad M_2 = 6 \cdot 3 - 2 \cdot \frac{3^2}{2} = 18 - 9 = 9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$x = 6 \text{ da moment} \quad M_c = 6 \cdot 6 - 2 \cdot \frac{6^2}{2} = 36 - 36 = 0$$

3. II-osma balka hisobi (shakl-1v).



Reaksiya kuchlarini aniqlaymiz.

$$\sum M_F = 0; \quad -M - V_L \cdot 5 = 0; \quad V_L = -0,5 \text{ kN}$$

$$\sum M_L = 0; \quad V_F \cdot 5 - M = 0; \quad V_F = 0,5 \text{ kN}$$

$$\text{Tekshiramiz:} \quad \sum_{pr} U = 0; \quad V_F + V_L = 0,5 - 0,5 = 0$$

Balkaning xarakterli nuqtalaridagi ko'ndalang kuch Q ni hisoblaymiz.

$$F \text{ kesimda} \quad Q_F^{o'ng} = V_F = 0,5 \text{ kN}$$

$$L \text{ kesimda} \quad Q_L^{chap} = -V_L = -(-0,5) = 0,5 \text{ kN}$$

Eguvchi moment M epyurasini F-L oralig'ida quramiz.

$$0 \leq x \leq 5m \quad M_x = V_F \cdot x$$

$$x = 0 \quad \text{moment} \quad M_F = 0$$

$$x = 5m \quad \text{moment} \quad M_L = 0,5 \cdot 5 = 2,5 \text{ kN} \cdot m$$

#### 4. III asosiy balka hisobi (shakl-1v)

Balkani S, F nuqtalariga ta'sir etuvchi tashqi kuchlar qatoridagi qarama-qarshi yo'nalgan  $V_C$ ,  $V_F$  tayanch reaksiya kuchlaridir.

$V_E$  va  $V_D$  reaksiya kuchlarini aniqlaymiz.

$$\sum M_D = 0 \quad -V_C \cdot 1,5 + P \cdot 5 + V_F \cdot 8,5 - V_E \cdot 7 = 0$$

$$V_E = \frac{P \cdot 5 + V_F \cdot 8,5 - V_C \cdot 1,5}{7} = \frac{3 \cdot 5 + 0,5 \cdot 8,5 - 6 \cdot 1,5}{7} = 1,46 \text{ kN}$$

$$\sum M_E = 0 \quad -V_C \cdot 8,5 + V_D \cdot 7 - P \cdot 2 + V_E \cdot 1,5 = 0$$

$$V_D = \frac{V_C \cdot 8,5 + P \cdot 2 - V_E \cdot 1,5}{7} = \frac{6 \cdot 8,5 + 3 \cdot 2 - 0,5 \cdot 1,5}{7} = 8,04 \text{ kN}$$

$$\text{Tekshiramiz:} \quad \sum_{pr} U = 0$$

$$V_D + V_E - V_C - P - V_F = 8,04 + 1,46 - 6 - 3 - 0,5 = 0$$

Balkaning xarakterli nuqtalarni ko'ndalang kuch Q qiymatini hisoblaymiz.

$$C \text{ kesimda} \quad Q_C^{o'ng} = -V_C = -6 \text{ kN}$$

$$D \text{ kesimda} \quad Q_D^{chap} = Q_C^{chap} = -6 \text{ kN}$$

$$D \text{ kesimda} \quad Q_D^{o'ng} = Q_D^{chap} + V_D = -6 + 8,04 = 2,04 \text{ kN}$$

$$I \text{ kesimda} \quad Q_I^{chap} = Q_D^{o'ng} = 2,04 \text{ kN}$$

$$I \text{ kesimda} \quad Q_I^{o'ng} = Q_I^{chap} - P = 2,04 - 3 = -0,96 \text{ kN}$$

$$E \text{ kesimda} \quad Q_E^{chap} = Q_I^{o'ng} = -0,96 \text{ kN}$$

$$E \text{ kesimda} \quad Q_E^{o'ng} = Q_E^{chap} + V_E = -0,96 + 1,46 = 0,5 \text{ kN}$$

$$F \text{ kesimda} \quad Q_F^{chap} = Q_E^{o'ng} = 0,5 \text{ kN}$$

**Eguvchi moment M epyurasini S-D oralig'ida quramiz.**

$$0 \leq x_1 \leq 1,5m \quad M_{x1} = -V_C \cdot x_1$$

$$x_1 = 0 \quad \text{moment} \quad M_C = 0$$

$$x_1 = 1,5m \quad \text{moment} \quad M_D = -6 \cdot 1,5 = -9 \text{ kN} \cdot m$$

$$D-I \text{ oralig'ida} \quad 0 \leq x_2 \leq 5m$$

$$M_{x2} = -V_C(1,5 + x_2) + V_D \cdot x_2$$

$$x_2 = 0 \quad \text{moment} \quad M_D = -6 \cdot 1,5 = -9 \text{ kN} \cdot m$$

$$x_2 = 5m \quad \text{moment} \quad M_I = -6 \cdot 6,5 + 8,04 \cdot 5 = 1,2 \text{ kN} \cdot m$$

I-E oralig'ida  $0 \leq x_3 \leq 2m$

$$M_x = -V_c(6,5 + x_3) - P \cdot x_3 + V_D(5 + x_3)$$

$$x_3 = 0 \text{ moment } M_I = -6 \cdot 6,5 + 8,04 \cdot 5 = 1,2 \text{ kN} \cdot m$$

$$x_3 = 2m \text{ moment } M_E = -6 \cdot 8,5 - 3 \cdot 2 + 8,04 \cdot 7 = -0,75 \text{ kN} \cdot m$$

F-E oralig'ida  $0 \leq x_4 \leq 1,5m$

$$M_x = -V_F \cdot x_4$$

$$x_4 = 0 \text{ moment } M_F = 0$$

$$x_4 = 1,5m \text{ moment } M_E = -0,5 \cdot 1,5 = -0,75 \text{ kN} \cdot m$$

### 5. IV-asosiy balkani hisoblaymiz.

Konsolli balkalar uchun reaksiya kuchlarini aniqlash shart emas.

$$\text{Ko'ndalang kuch qiymati } Q_B = V_B = 6 \text{ kN}$$

Eguvchi moment qiymati

$$0 \leq x \leq 2m$$

$$M_x = -V_v \cdot x$$

$$x = 0 \text{ moment}$$

$$M_v = 0$$

$$x = 2m \text{ moment}$$

$$M_A = -6 \cdot 2 = -12 \text{ kN} \cdot m$$

6. Ko'ndalang kuch  $Q$  umumiy epyurasini chizish uchun odiy balkalarga qurilgan ko'ndalang kuch epyurasini bir to'g'ri chiziqqa masshtab bilan chiziladi (shakl 1g).
7. Eguvchi momentning umumiy epyurasi ham ko'ndalang kuch epyurasi singari quriladi (shakl 1d).
8. Ta'sir chiziqlar qurish uchun balkalarni bog'lanish sxemasini tashqi yuklarsiz qayta chizib olamiz (shakl 2).

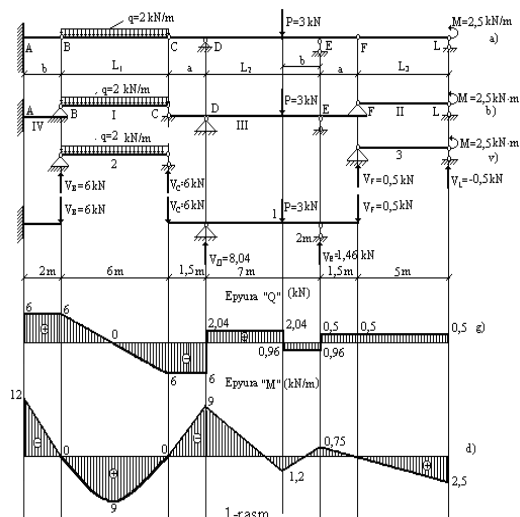
$V_D$  va  $V_E$  tayanch reaksiya kuchlarini ta'sir chiziqlari.

Berilgan balkani asosiy balka SF va ikkita osma balka VS hamda EF osma balkaga ajratamiz.

Agar balkaning S va F nuqtalaridan osma balkalarni olib tashlasak, ikki konsolli oddiy balka hosil bo'ladi. Hosil bo'lgan asosiy balkaga bo'lgan kuch xarakatlanayotgan bo'lsin  $\bar{U}_I$  holda  $V_D$  tayanch reaksiya kuchi quyidagiga teng bo'ladi.

$$V_D L_2 - \bar{P}(L_2 - x) = 0 \quad \sum M_E = 0 \quad -a \leq x \leq L_2 + a$$

$$V_D = \frac{\bar{P}(L_2 - x)}{L_2} = \frac{L_2 - x}{L_2} \quad \bar{P} = 1$$



$$x = -a \quad V_D = \frac{L_2 + a}{L_2} = \frac{7 + 1,5}{7} = 1,2$$

$$x = 0 \quad V_D = \frac{L_2}{L_2} = 1$$

$$x = L_2 \quad V_D = \frac{L_2 - L_2}{L_2} = 0$$

$$x = L_2 + a \quad V_D = \frac{L_2 - L_2 - a}{L_2} = -\frac{a}{L_2} = -\frac{1,5}{7} = -0,2$$

$\bar{P} = 1$  kuchni VS chap osma balkada harakatlanganda  $V_D$ -tayanch reaksiya kuchini o'zgarish qonuniyatini ko'rib chiqamiz.

$$\sum M_E = 0 \quad V_D \cdot L_2 - V_c(L_2 + a) = 0$$

chap tayanch reaksiya kuchini o'zgarish qonunini hisobga olib,  $V_c = \frac{\bar{P}x}{L_1}$

$$V_D = \frac{P \cdot x}{L_1} \cdot \left( \frac{L_2 + a}{L_2} \right) \quad 0 \leq x \leq L_1$$

$$x = 0 \quad V_D = 0$$

$$x = L_1 \quad V_D = \frac{1 \cdot L_1}{L_1} \cdot \left( \frac{L_2 + a}{L_2} \right) = 1,2$$

$\bar{P} = 1$  kuchni FL o'ng osma balkada harakatlanganda  $V_D$ -tayanch reaksiya kuchini o'zgarish qonuniyatini ko'rib chiqamiz.

$$\sum M_E = 0$$

$$V_D \cdot L_2 + V_F \cdot a = 0$$

$$V_D = -\frac{V_F \cdot a}{L_2} = -\frac{\bar{P}(L_3 - x)}{L_3} \cdot \frac{a}{L_2}$$

$V_F = \frac{\bar{P}(L_3 - x)}{L_3}$  ni hisobga olib,

$$x = 0 \quad V_D = -\frac{a}{L_2} = -\frac{1,5}{7} = -0,2$$

$$x = L_3 \quad V_D = -\frac{1 - (L_3 - L_3)}{L_3} \cdot \frac{a}{L_2} = 0$$

10.  $V_D$ -tayanch reaksiya kuchni qiymatini ta'sir chiziqlar yordamida aniqlaymiz:

$$\omega = \frac{U_V \cdot L_1}{2} = \frac{1,2 \cdot 6}{2} = \frac{7,2}{2} = 3,6$$

$U_1$  ni qiymatini uchburchaklar o'xshashligidan aniqlaymiz:

$$\frac{1}{U_1} = \frac{7}{2} \quad U_1 = \frac{2}{7} = 0,3$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{U_3}{L_3} = \frac{0,2}{5} = 0,04$$

Topilgan qiymatlarni formulaga qo'yib,  $V_D$ -qiymatini hisoblaymiz.

$V_D = q\omega + P \cdot U + M \operatorname{tg} \varphi = 2 \cdot 3,6 + 3 \cdot 0,3 - 2,5 \cdot 0,04 = 7,2 + 0,9 - 0,1 = 8,0$  kN  $V_D$  ta'sir chizig'i bo'yicha olingan qiymati  $V_D = 8,0$  kN

Analitik usulda  $V_D$ - qiymatning  $V_D = 8,04$  kN ga teng ekanligi ta'sir chizig'i to'g'ri qurilganini bildiradi.

Balkaning tayanchlar orasidagi kesimining eguvchi moment chizig'ini qurish.  $\bar{P} = 1$  birlik kuch  $k_l$  kesimdan o'ng tomonda harakatlanganda balkaning chap tomoni muvozanatini tekshiramiz, ya'ni chap tomonda joylashagan barcha kuchlardan  $k_l$  nuqtaga nisbatan moment olamiz.

$$M_{k_l} = V_D \cdot 5 = \frac{\bar{P}(L_2 - x)}{L_2} \cdot 5$$

$$x = 0 \quad M_{k_l} = 5$$

$$x = L_2 \quad M_{k_l} = 0$$

$$x = L_2 + a \quad M_{k_l} = \frac{a}{L_2} \cdot 5 = \frac{1,5}{7} \cdot 5 = 0,2 \cdot 5 = 1$$

$\bar{P} = 1$  birlik kuch  $k_l$  kesimdan chap tomonda harakatlanganda, balkaning o'ng tomoni muvozanatini tekshiramiz, ya'ni o'ng tomonda joylashagan barcha kuchlardan  $k_l$  nuqtaga nisbatan moment olamiz.

$$M_{k_l} = V_E \cdot 2 = \frac{P \cdot x}{L_2} \cdot 2$$

$$x = 0 \quad M_{k_l} = 0$$

$$x = L_2 \quad M_{k_l} = 2$$

$$x = -a \quad M_{k_l} = -\frac{a}{L_2} \cdot 2 = -\frac{1,5}{7} \cdot 2 = 0,4$$

Bu tenglamalarda  $M_{k_l}$  ta'sir chizig'ining chap va o'ng shoxchalari kelib chiqadi.  $M_{k_l}$  ta'sir chiziq asosiy balka qurilayotganligi uchun ularning ta'siri osma balkalarga ham uzatiladi.

12.  $M_{k_l}$  ni ta'sir chiziqlar yordamida aniqlash:

$$\omega = \frac{0,4 \cdot L}{2} = \frac{0,4 \cdot 6}{2} = 1,2$$

$$\frac{5}{7} = \frac{U_1}{2} \quad U_1 = \frac{5 \cdot 2}{7} = \frac{10}{7} = 1,42$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{U_1}{L_3} = \frac{1}{5} = 0,2$$

Topilgan qiymatlarni formulaga qo'yib,  $M_{k_l}$  ni qiymatini hisoblaymiz.

$$M_{k_l} = \omega \cdot q + P \cdot U + M \operatorname{tg} \alpha = -2 \cdot 1,2 + 3 \cdot 1,4 - 2,5 \cdot 0,2 = \\ = -2,4 + 4,2 - 0,5 = 1,3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Ta'sir chizig'i yordamida topilgan  $M_{k_l}$  qiymati:  $M_{k_l} = 1,3 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Analitik usulda topilgan  $M_{k_l}$  qiymati:  $M_{k_l} = 1,2 \text{ kN} \cdot \text{m}$

13. Balkaning tayanchlar orasidagi  $k_l$  kesimiga Ko'ngdalang kuch  $Q_{k_l}$  ta'sir chizig'ini qurish.

$\bar{P} = 1$  birlik kuch  $k_l$  kesimdan o'ng tomonda harakatlanganda balkaning chap tomoni muvozanatini tekshiramiz, ya'ni chap tomonda joylashagan barcha kuchlardan  $k_l$  nuqtadan o'tuvchi Y o'qiga nisbatan barcha kuchlardan proeksiya olamiz.

$$Q_{k_l} = V_D = \frac{\bar{P}(L - x)}{L_2}$$

$\bar{P} = 1$  birlik kuch  $k_l$  kesimdan chap tomonda harakatlanganda balkaning o'ng tomoni muvozanatini tekshiramiz, ya'ni o'ng tomonda joylashagan barcha kuchlardan  $k_l$  nuqtadan o'tuvchi Y o'qiga nisbatan barcha kuchlardan proeksiya olamiz.

$$Q_{k_1} = -V_E = \frac{\bar{P}x}{L_2}$$

14. Ta'sir chiziqlar yordamida  $Q_{k_1}$  qiymatini aniqlaymiz, ya'ni uchburchaklarni o'xshashligidan  $Y_1$  larni aniqlaymiz.

$$\frac{1}{7} = \frac{U}{2}$$

$$U_1 = \frac{1,2}{7} = 0,22$$

$$U_2 = 1 - Y_1 = 1 - 0,2 = 0,8$$

$$U_3 = \frac{1,5}{7} = 0,21$$

$$U_4 = \frac{1,5}{7} = 0,21$$

$$\omega = \frac{U_4 \cdot L_1}{2} = \frac{0,2 \cdot 5}{2} = 0,5$$

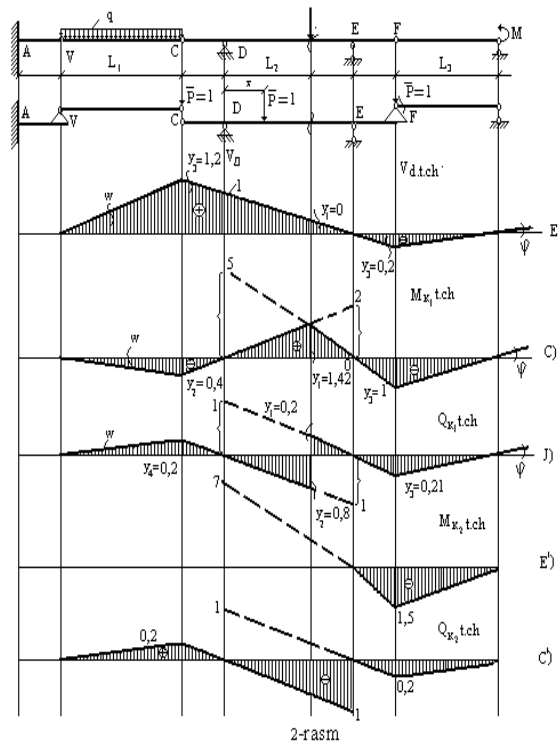
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{U_3}{L_3} = \frac{0,21}{5} = 0,04$$

Topilgan qiymatlarni formulaga qo'yib,  $Q_{k_1}$  ni qiymatini hisoblaymiz.

$$Q_{k_1} = q\omega + P \cdot U + M \operatorname{tg} \alpha = 2 \cdot 0,5 + 3 \cdot 0,22 - 3 \cdot 0,8 - 2,5 \cdot 0,04 = 1 + 0,6 - 2,4 - 0,1 = 1,6 - 2,5 = -0,9 \text{ kH}$$

Ta'sir chizig'i yordamida topilgan qiymati:  $Q_{k_1} = -0,9 \text{ kN}$

Analitik usulda topilgan qiymati:  $Q_{k_1} = -0,96 \text{ kN}$



### Mavzu: Ko'p oraliqli statik aniq balkalarni harakatlanuvchi yuklar ta'siriga hisoblash

Turli sistemalarga ta'sir qiluvchi doimiy yuklardan tashqari, ko'pincha inshootlarni hisoblashda o'z qo'yilgan joyini o'zgartiruvchi siljuvchi yuklarning ta'sirini hisobga olish kerak bo'ladi. SHunday yuklarga ko'prik bo'ylab harakatlanuvchi poezdlar, avtomobillar oqimi, traktorlar, qurollar, ot-aravalar, kranbalka bo'ylab siljuvchi ko'prik krani va h.z. misol bo'ladi.

Barcha bu holatlarda, harakatlanuvchi yukni doimiy intensivlikdagi yoyiq yuk yoki oralig'i parallel yig'iq kuchlar sistemasi shaklida tasavvur etiladi. Inshoot bo'ylab ko'chishda, kuchlar dinamik ta'sir hosil qilmaydi deb mo'ljallanadi.

Harakatlanuvchi yuklarga hisoblashda dastlab uning inshootdagi eng noqulay holati topiladi, bunda tuzilma elementlarida eng katta ichki zo'riqishlar va deformatsiyalar paydo bo'ladi, so'ngra bu zo'riqish va deformatsiyalarning hisobiy qiymatlari hisoblanadi.



Harakatlanuvchi yuklarning hisobiy holatini topish ta'sir chiziqlar nazariyasi bilan eng oson aniqlanadi.

### ***Ta'sir chiziqlarining ichki zo'riqish epyuralaridan farqi:***

1. Zo'riqish epyuralarining ordinatalari shu zo'riqishning, berilgan yukning bitta aniq holati uchun, inshoot barcha kesimlarida o'zgarish qonuniyatini tasvirlaydi va butun sistemaning kuchlanish holatini umumiy ko'rinishda ifodalash imkonini beradi. Yukning boshqa holatidagi zo'riqishlarning o'zgarishini tabiiyki, darhol aytish qiyin. Buning uchun qayta hisoblash bajariladi, yangi epyura quriladi va x.z.

2. Ta'siri chizig'ining ordinatalari, aksincha, berilgan zo'riqishning faqat bitta, aniq kesimida, inshoot bo'ylab harakatlanuvchi birlik kuchning holatidan o'zgarishini xarakterlaydi. Ta'sir chizig'i grafigi bo'yicha, boshqa kesimga tegishli izlanayotgan zo'riqishning o'zgarishi haqida hech nima aytib bo'lmaydi.

Ta'sir chiziqlari  $F=1$  kuch (yuklar) harakatidan qurilganligi sababli, uning ordinatalari o'lchamga ega.

$$\text{T.ch.ordinatalarining } \ddot{\text{y}}\text{lchami} = \frac{\text{izlanayotgan kiymatlarning } \ddot{\text{y}}\text{lchami}}{\text{yuklarning } \ddot{\text{y}}\text{lchami}}$$

Masalan, tayanch reaksiyalari, ko'ndalang va bo'ylama kuchlar t.ch.ordinatalari  $N/N=0'/q$  (o'lchamsiz qiymatlar) o'lchamiga ega, eguvchi moment t.ch. ordinatalari  $N'm/N=m$  o'lchamiga ega, solqiliklar t.ch.ordinatalari  $m/N$  va h.z.

Zo'riqishlarning ta'sir chiziqlarini qurishda quyidagi usullardan foydalaniladi: statik, kinematik va bog'lanishlarni almashtirish.

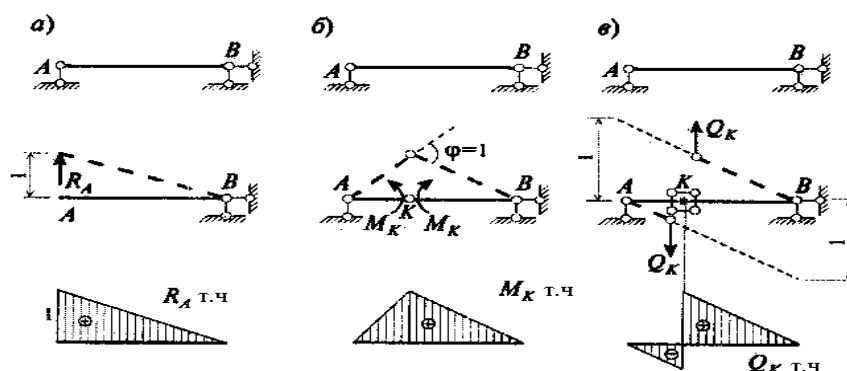
*Statik usulni* qo'llashda, tanlangan koordinatalar sistemasi berilgan bo'lagidagi yuk harakatining muayyan holati qaraladi, va statika tenglamalarini yozib,  $F=1$  yuki holatining  $x$  abtsissasi va zo'riqishni ifodalovchi bog'lanish olinadi.  $x$  ga ma'lum qiymatlarni berib, zo'riqishning o'zgarish grafigi, ya'ni ta'sir chizig'i quriladi.

Ta'kidlaymizki, statik aniq sistemalarda topilgan reaksiya va ichki zo'riqishlar o'zgarishining ifodalari chiziqli tenglamalarda yoziladi va yukni to'g'ri chiziq bo'yicha harakatidan mos ta'sir chiziqlari, to'g'ri chiziq bo'laklari bilan tasvirlanadi, bu qurishni ancha yengillashtiradi. Statik noaniq sistemalarda esa, zo'riqishlarning ta'sir chiziqlari egri chiziqli bo'ladi va ularni qurishda ancha ko'p vaqt talab qiladi.

Ta'sir chiziqlarini qurishning *kinematik usuli* mumkin bo'lgan ko'chishlar printsipiga (Lagranj printsipi) asoslangan, bunga ko'ra kuchlar ta'siridan muvozanatda bo'lgan sistemalar uchun, tashqi va ichki kuchlarning har qanday mumkin bo'lgan cheksiz kichik ko'chishlaridagi ishlarining yig'indisi nolga teng.

Bu printsipga asosan zo'riqishlarning ta'sir chiziqlari, bizni qiziqtirgan zo'riqish ta'sir qilgan bog'lanishni olib tashlashdan, olinadigan mexanizmning ko'chish grafigi kabi quriladi. Qiziqtirgan zo'riqish mexanizmga tashqi ta'sir kabi qo'yiladi.

Tayanch reaksiyalarining ta'sir chiziqlarini qurishda mos tayanch tashlab yuboriladi (4.1.1, a-rasm). Eguvchi momentning ta'sir chizig'ini qurishda kesimga sharnir kiritiladi (4.1.1, b-rasm). Kesuvchi kuchlarning ta'sir chiziqlarini qurishda esa shu zo'riqishni qabul qilmaydigan mexanizm kiritiladi (4.1.1, v-rasm).



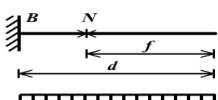
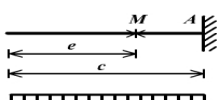
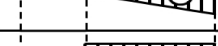
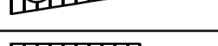
4.1.1-rasm

Masshtabni aniqlash uchun tashlab yuborilgan bog'lanish yo'nalishi bo'yicha ko'chish birga teng deb qabul qilinadi. Ba'zan birlik ko'chishdan ko'ra, birlik deformatsiya berish qulayroqdir. SHu tarzda qurilgan ta'sir chiziqlarining nol nuqtasi yerga nisbatan disklar oniy burilish markazining proektsiyalari bo'ladi, to'g'ri chiziq bo'laklari esa disklar o'zaro burilishi oniy markazlari ostida kesishadi.

*Bog'lanishlarni almashtirish usuli* ta'sir chiziqlarini qurishda, avvalgi ikki usulga ko'ra ancha kam qo'llaniladi. Murakkab sistemalar uchun, bu usul qulay va samaraliroq hisoblanadi. Izlanayotgan ta'sir chiziqlarini qurish juda murakkab bo'lganda, u ancha oddiy bajariladigan boshqa ta'sir chizig'ini qurish bilan almashtiriladi. Bu usulning asosiy g'oyasi 1- bobda bayon etilgan.

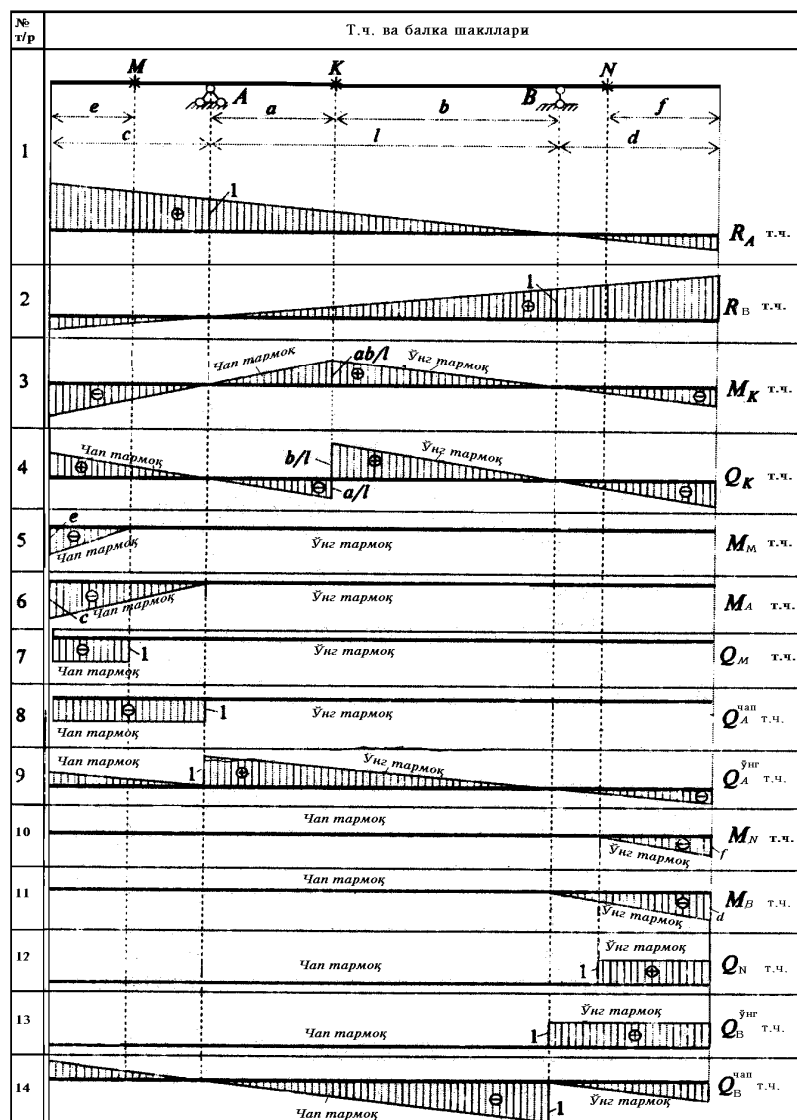
Ilg'ash qiyin emaski, 4.1-jadvalda tavsiya etilgan  $R_A$  t.ch. va  $R_B$  t.ch. dan boshqa ta'sir chiziqlarni 4.2-jadval yordamida olish mumkin. Haqiqatdan ham, balkaning chap va o'ng konsolini tashlab yuborib va A tayanchni V tayanch bilan ustma-ust tushguncha siljitib yoki V tayanchni A tayanchga, ya'ni balki oralig'ini nolga intiltirib, o'ng yoki chap konsol balka uchun ta'sir chizig'ini olamiz. SHuning uchun, faqat 4.2-jadvalda tavsiya etilgan ta'sir chiziqlarini va 4.1-javdaldagi  $R_A$  va  $R_B$  t.ch. ni eslab qolish kerak bo'ladi.

4.1-jadval

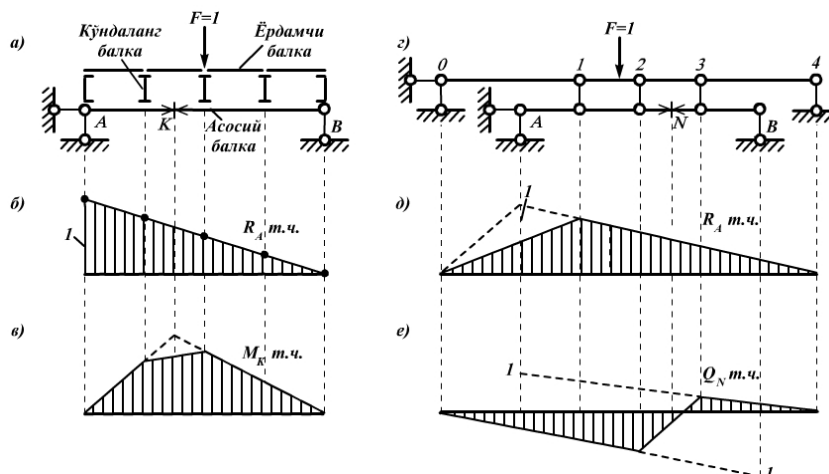
| т/р | Т.ч. ва балка шакллари                                                             | т/р | Т.ч. ва балка шакллари                                                              |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   |   | 6   |   |
| 2   |   | 7   |   |
| 3   |   | 8   |   |
| 4   |   | 9   |   |
| 5   |  | 10  |  |

***Ko'p oraliqli sharnir-konsolli balkalarda zo'riqishlarning ta'sir chiziqlarini qurish qoidalari***

1. Balkalarning qavatlar sxemasini quramiz.
2. Qavatlar sxemasidan, kesimning izlanayotgan ta'sir chizig'ini qurish talab etilgan, balkani topamiz. Bu balka uchun grafikni (jadvalga oid) 4.1-jadval yoki 4.2-jadvaldan ko'chiramiz. Agar izlanayotgan balkada qaysidir konsol (yoki ikkala konsollar) yo'q bo'lsa, u holda jadvaldagi ta'sir chiziqlardan konsolli (yoki ikkala konsolni) olib tashlash kerak.
3. Quyidagilarni bilganimiz holda, izlanayotgan balkaga nisbatan undan yuqorida joylashgan balka bo'ylab  $F=1$  yukining harakatini ko'ramiz:
  - a) yerga tiralgan tayanchlarda ta'sir chizig'i nol orqali o'tadi, konsollarda esa ta'sir chiziqlarining chop va o'ng tarmoqlari davom etadi;
  - b) sharnirlarda ta'sir chiziqlari sinadi;
  - v) agar balka oralig'ida ikkita sharnir qo'yilgan bo'lsa, pastki balkadan birlik kuchning harakati bo'yicha ikkinchi sharnirda zo'riqishning ta'sir chizig'i nolga teng (nol nuqta).
4. Izlanayotgan balkadan pastda joylashgan balka bo'ylab  $F=1$  kuchining harakatini qaraymiz, chunki unga qo'yilgan yuk, yuqori qavatlarda zo'riqishlar hosil qilmaydi, ya'ni bu bo'laklardagi izlanayotgan ta'sir chiziqlari nollik bo'ladi.



5. Zo'riqishlar ta'sir chiziqlarining ordinatalari uchburchaklarning o'xshashliklaridan aniqlanadi.



4.1.2-rasm

Ko'pincha yuklar asosiy balkaga to'g'ridan-to'g'ri qo'yilmasdan, oraliq ko'ndalang balkalar yordamidagi ma'lum joylarga uzatiladi. Ko'ndalang balkalar qo'yilgan joylar tugunlar deyiladi. Tugunlar orasidagi masofa *panel* deyiladi. Yuklarni asosiy balkaga uzatishning bunday usuli *tugunlar orqali* uzatish deyiladi.

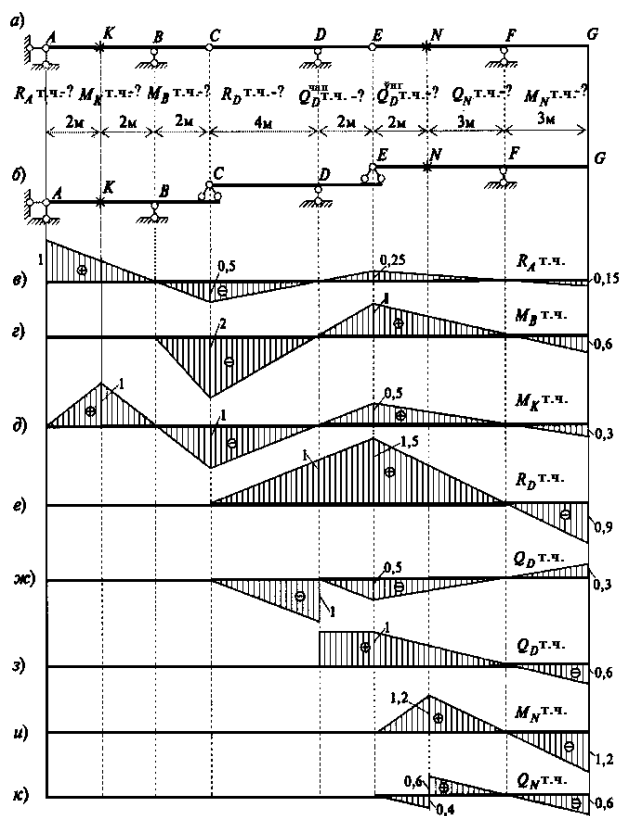
Yuklar tugunlar orqali uzatish hollarida ta'sir chiziqlarini olish uchun, dastlab yuklar bevosita asosiy balkaga qo'yilgan deb hisoblab ta'sir chiziqlarini qurish zarur, so'ngra qurilgan

grafikka tugundagi nuqtalar o'tkaziladi va olingan qo'shni tugunlar proektsiyalari to'g'ri chiziqlar bilan birlashtiriladi (4.1.2, a...e-rasm).

**4.1 - misol.** Balkaning tayanch reaksiyalari va belgilangan kesimlari zo'riqlashlarining ta'sir chiziqlari qurilsin (4.1.3-rasm).

Yuqorida keltirilgan qoidalarga asosan bandlar bo'yicha, ta'sir chiziqlarini qurishni bajaramiz:

1. Balkalarning qavatlar sxemasi 4.1.3,b-rasmda tasvirlangan  $A$ ,  $V$ ,  $D$ ,  $F$  nuqtalarda joylashgan tayanchlarni yer tayanchlar,  $S$  va  $F$  nuqtalardagisini esa, soxta tayanchlar deb ataymiz.



4.1.3-rasm

2. Birinchi uchta ta'sir chiziqlari ( $R_A$  t.ch.,  $M_B$  t.ch.,  $M_K$  t.ch.) eng pastdagi asosiy balkaga tegishli kesimlarga taaluqli, shuning uchun ularning uzunligi keyingi hamma balkalarga tarqaladi. Izlanayotgan  $AVS$  balka uchun ta'sir chiziqlari 4.2-jadvalning 1, 11, 3-bandlaridan olinadi (4.1.3, v...d-rasm).

Ikkinchi uchta ta'sir chiziqlari ( $R_D$  t.ch.,  $Q_D^{yan}$  t.ch.,  $Q_D^{yuz}$  t.ch.) ikkinchi qavatdagi  $SDE$  ikkinchi darajali balka kesimlariga tegishli va 4.2-jadvalning mos holda, 2, 14, 12 -bandlaridan ko'chiriladi (4.1.3 ye...z-rasm).

Nihoyat, ikki ta'sir chizig'i ( $M_N$  t.ch.,  $Q_N$  t.ch.) eng yuqorigi uchinchi qavatdagi  $EFG$  ikkinchi darajali balka kesimlariga tegishli va 4.2-jadvalning 3,4- bandlariga ko'ra, ular 4.1.3, i, k-rasmlarda tavsiya etilgan ko'rinishga ega.

$EFG$  balka uchun uning tepasida yotgan balka yo'qligi sababli,  $M_N$  eguvchi momenti  $Q_N$  ko'ndalang kuchlari uchun qurilgan ta'sir chiziqlari, butun ko'p oraliqli sharnir-konsolli balka uchun tugallangan hisoblanadi.

3. Eng yuqorida joylashgan balka bo'ylab  $F=1$  yuki harakatidan ta'sir chiziqlar qurishda unga nisbatan 3-bandning "a" va "b" bandchalarida bayon etilgan qoidalarini qo'llaymiz. Bu qoidalarga asosan, agar birlik yuk yerga tiralgan tayanch ustida tursa (nol nuqta), ta'sir chizig'i ordinatasi nolga teng, qurilgan to'g'ri chiziq esa konsolga davom etadi.

Yuqorida yotgan balka bo'ylab yukning harakatidan ta'sir chiziqlarni qurishni  $R_A$  ta'sir chizig'i misolida to'laroq qarab chiqamiz (4.1.3, v-rasmga qarang). Aytaylik  $F=1$  yuki  $SDE$  balkasi bo'yicha harakatlansin. Yuk  $S$  nuqtada bo'lgan va avval qurilgan ta'sir chizig'i bo'lagida

“-0,5” ga teng ordinata shaklida “iz qoldirgan” *SDE* balkasining pastda joylashgan *AVS* balkasiga bosimi *S* tuguni orqali amalga oshiriladi. Bu ko’taruvchi tuzilmaga yukning tugun orqali uzatilishiga yana bir misol.

Birlik yukning *S* nuqtadan o’ngga keyingi harakatlanishida yerga tiralgan *D* nuqta navbatdagi xarakterli nuqta bo’ladi (birinchi nolli nuqta). Aytaylik yuk *D* nuqtada muayyan holatda tursin. Unda tayanch reaksiya  $R_D=1$ , soxta reaksiya esa  $R_C=0$ . SHunday qilib *SDE* balka  $F=1$  yuki yerga tiralgan *D* tayanchda bo’lganda, yukni *S* tugun orqali *AVS* balkaga uzatmaydi va  $R_A$  ta’sir chizig’ining ordinatasi nolga teng bo’ladi. Tugun orqali yuklanishdagi kabi  $R_A$  t.ch. *S* va *D* tugunlari orasida to’g’ri chiziq qonuniyati bo’yicha o’zgaradi, uning ordinatalarini *S* va *D* nuqtalarda to’g’ri chiziq bilan tutashtirib va uni *DE* konsolga davom ettirib,  $R_A$  t.ch. ikkinchi qismini olamiz.

Nihoyat, birlik yukning eng yuqorigi *EFG* ikkinchi darajali balka bo’ylab harakatini qarab chiqamiz.

Yuk *Y* nuqtada bo’lgan va oldingi qurilgan  $R_A$  ta’sir chizig’i bo’lagida “0,25” ga teng ordinata shaklida “iz qoldirgan”  $F=1$  yuki yerga tiralgan *F* tayanchi ustida turgan vaqtda, u to’lig’icha shu tayanchga qabul qilinadi, ya’ni  $R_F=1$ ,  $R_E=0$ . Bu *EFG* balkaning *Ye* tuguni orqali *SDE* balkaga bosim bermasligini bildiradi, u o’z navbatida *S* tuguni orqali *AVS* balkaga yuk uzatmaydi va  $R_A$  ta’sir chizig’ini ordinatasi *F* nuqtada nolga tengligini ko’rsatadi. *E* va *F* nuqtalarda ta’sir chiziqlarining ordinatalarini to’g’ri chiziqlar bilan tutashtirib va uni *FG* konsolga davom ettirib,  $F=1$  yukining balka butun uzunligi bo’yicha harakatidan  $R_A$  t.ch. yakuniy grafisini olamiz.

SHunga o’xshash mulohazalar yordamida, 4.1.3-rasmda ko’rsatilgan, qolgan ta’sir chiziqlar quriladi.

Ta’sir chiziqlarining barcha xarakterli ordinatalari uchburchaklarning o’xshashligidan topilgan.

Xulosa qilib aytamizki, yuqorida keltirilgan mulohazalar, 179-181 betlarning 3-bandida bayon qilingan ta’sir chiziqlarni qurishning oddiy qoidalarini tuzmoq uchun, asos bo’lib hizmat qiladi.

### **Ta’sir chiziqlari yordamida zo’riqishlarni aniqlash.**

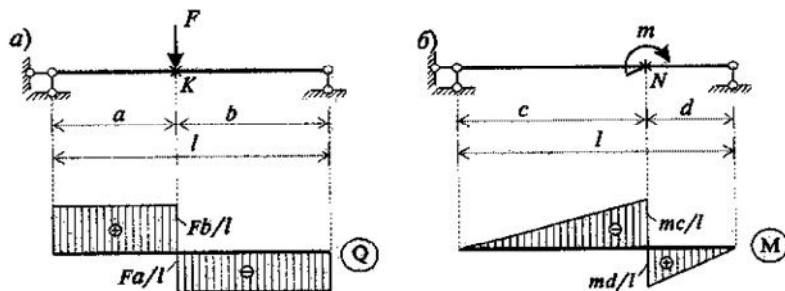
Ta’sir chiziqlari yordamida zo’riqishlarni aniqlash ularning ta’sir chiziqlarini berilgan yuklar bilan yuklash orqali amalga oshiriladi. Ta’sir chizig’ining ordinatasi, shu nuqtaga  $F=1$  kuchi ta’siridan zo’riqish nimaga tengligini ko’rsatadi. Agarda kuch boshqa qiymatga teng bo’lsa, zo’riqishni aniqlash uchun ta’sir chizig’ining ordinatasini shu kuch qiymatiga ko’paytirish lozim. Inshootga yig’iq kuchlar va momentlar tizimi, shuningdek, ta’sir chizig’ining bir necha bo’lagiga yassi yoyilgan kuchlar yuklanishi ta’siridan zo’riqishlar *S* quyidagi formula bo’yicha aniqlanadi:

$$S = \sum_{i=1}^n F_i y_i + \sum_{j=1}^m q_j \omega_j + \sum_{k=1}^L m_k \cdot tg \alpha_k \quad (4.6)$$

bu yerda  $F_i$  - inshootga ta’sir qiluvchi yig’iq kuchlar;  $q_j$  - yassi yoyilgan yuklar intensivligi;  $m_k$  - yig’iq moment;  $y_i$  -  $F_i$  yig’iq kuchi ostidagi *S* zo’riqishi ta’sir chizig’ining ordinatasi;  $\omega_j$  -  $q_j$  intensivligidagi yassi yoyilgan yuk ostida joylashgan *S* ta’sir chizig’i bo’lagining yuzi;  $tg \alpha_k$  -  $m_k$  momenti qo’yilgan joydagi ta’sir chizig’i bo’lagining asos to’g’ri chizig’iga nisbatan og’ish burchagi tangensi.

Yuqoridan pastga yo’nalgan yuklar ( $F_i; q_j$ ) musbat, pastdan yuqoriga esa manfiy deb hisoblanadi. Moment  $m_k$  soat strelkasi harakati bo’yicha yo’nalgan bo’lsa, musbat olinadi.  $y_i$  va  $\omega_j$  uchun ishoralar, *S* ta’sir chizig’iga qo’yilgan ishoralariga ko’ra, qabul qilinadi. (4.6) formulaning uchinchi qo’shiluvchisi oldidagi ishorasini aniqlash uchun quyidagi xotirada saqlashni osonlashtiradigan qoidani taklif qilish mumkin: agar balka o’qini (sterjenni) ta’sir chizig’i bilan ustma-ust qo’yish uchun burilish yo’nalishi, yig’iq moment ta’sir qilgan bo’lakda moment yo’nalishi bilan mos kelsa «manfiy» ishora, agar mos kelmasa «musbat» ishora olamiz.

Bir jinsli uzluksizlikni buzilishi mavjud bo’lgan, ta’sir chiziqlarini yuklashning bitta alohida xususiyati ustida batafsilroq to’xtalamiz.

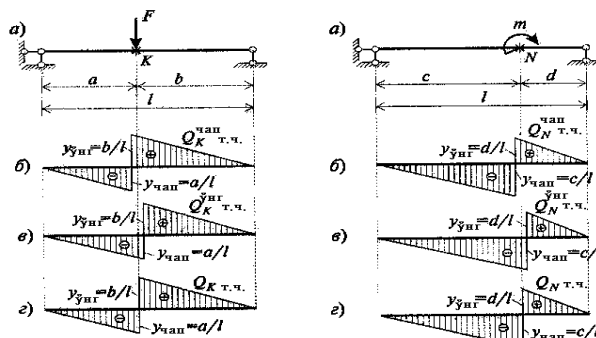


4.4.1-rasm

Materiallar qarshiligi kursidan ma'lumki, eguvchi moment va kesuvchi kuch epyuralari, eguvchi moment va yig'iq kuchlar qo'yilgan kesimlarda bir jinsli uzilishga ega (4.4.1, a, b-rasm).

$K$  kesimidagi ko'ndalang kuch va  $N$  kesimidagi eguvchi moment noma'lum. SHuning uchun,  $K$  kesimidagi ko'ndalang kuch nimaga teng degan savolni qo'yish mumkin emas, u qo'pol ayni paytda mazmunga ega emas. Ko'ndalang kuch haqida gapirish va uning qiymati bilan qiziqish,  $K$  kesimiga yo chapdan cheksiz yaqin yoki o'ngdan cheksiz yaqin hol uchun mumkin.

4.4.1, a-rasmga asosan,  $Q_k^{uan} = Fb/l$ ,  $Q_k^{yh2} = -Fa/l$ . Bular eguvchi momentlarga ham tegishlidir (4.4.1, b-rasmga qarang):  $M_N^{uan} = -mc/l$ ;  $M_N^{yh2} = md/l$



4.4.2-rasm

4.4.3-rasm

$Q$  va  $M$  epyuralarining  $M$  epyuralarining, uzilish nuqtasida yig'iq kuchlar bilan yuklangandagi ta'sir chiziqlariga ham ko'chiriladi.

Agar  $F$  kuchi qo'yilgan nuqtada ta'sir chizig'i uzilishga ega bo'lsa, ta'sir chizig'ini yuklanishidan izlangan zo'riqishning qiymati, kesimdan cheksiz yaqin qaysi tomondagi zo'riqishi bizni qiziqtirishiga bog'liq. Odatda kesimdan chap va o'ngdagi zo'riqishlarning ikki qiymati hisoblanadi. Bu yerda eslab qolish kerak bo'lgan qoida shunday: agar kesimdan chapdagi cheksiz yaqin zo'riqish axtarilsa, u holda  $F$  kuchini  $u_o'ng$  ordinasiga ko'paytirish kerak, va aksincha. Bu qoidani grafik ko'rinishda ko'rsatmali tasvirlash mumkin. 4.4.2, a-rasmda tasvirlangan balka uchun, kesuvchi kuchlarning uchta ta'sir chiziqlari qurilgan:  $Q_k^{uan}$ ,  $Q_k^{yh2}$  va  $Q_k$ .

4.4.2,a-rasm, 4.4.2, b-rasmlarni va (4.6) formulaning birinchi hadi fizik ma'nosini solishtirishdan  $Q_k^{uan} = F \cdot y_{yh2} = F \cdot b/l$  kelib chiqadi, 4.4.2, a-rasm va 4.4.2, v-rasmlarni solishtirishdan esa  $Q_k^{yh2} = F \cdot y_{uan} = -F \cdot a/l$

$Q_k^{uan}$  va  $Q_k^{yh2}$  larning olingan qiymatlari, kutilganidek, ilgari hisoblangan qiymatlariga mos keladi (4.4.1, a-rasmga qarang). Odatda  $Q_k^{uan}$  t.ch. va  $Q_k^{yh2}$  t.ch. qurilmaydi, lekin  $Q_k$  t.ch. ga esa, yuqorida keltirilgan qoida qo'llaniladi (4.4.2, g-rasm).

SHu ta'sir chiziqlarining uzilish nuqtasi yig'iq moment bilan yuklansa ish boshqacha bo'ladi (4.4.3, a...g-rasm). Bu rasmning tahlili shuni ko'rsatadiki,  $K$  kesimidagi zo'riqishning qiymati aniq va tanho bo'ladi, ya'ni

$$Q_N^{uan} = Q_N^{yh2} = Q_N = m \cdot tg\alpha = -m/l.$$

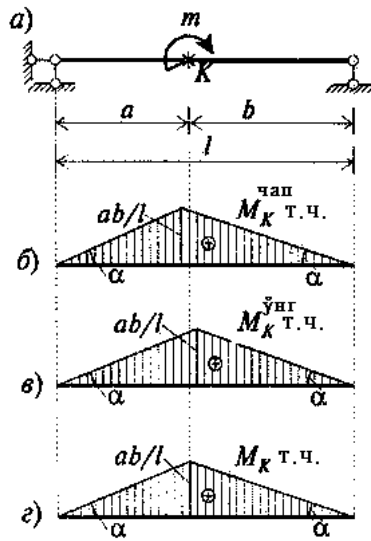
SHunday qilib, ta'sir chiziqlarining uzilishi ularning yig'iq moment bilan yuklanishida, izlanuvchi zo'riqishlarni aniqlashga ta'sir ko'rsatmaydi.

Biroq, qaysi bir zo'riqishning (masalan, eguvchi moment) ta'sir chizig'i singan nuqtasiga yig'iq moment  $m$  qo'yilgan bo'lsa, shu nuqta o'zidagi zo'riqishni topish mumkin emas (u noaniq).

So'z yana, nuqtaning cheksiz yaqin chap va o'ng kesimlari haqida borishi mumkin, ulardagi zo'riqishlar ta'sir chiziqlarining uzilish joylariga yig'iq  $F$  kuchlar ta'sir qilgandagi qoidalar bo'yicha topiladi. 4.4.4, a...g-rasmlardagi keltirilgan misollardan kelib chiqadi:

$$M_k^{uan} = m \cdot \operatorname{tg} \alpha_{yuz} = -ma/l;$$

$$M_k^{yuz} = m \cdot \operatorname{tg} \alpha_{uan} = mb/l$$



4.4.4.-rasm

1. Bir xil ishorali biror uchburchak shaklidagi ta'sir chizig'i bo'yicha, berilgan masofada o'zaro bog'langan yig'iq kuchlar tizimining harakatini qaraylik (4.4.5-rasm).

Eslatib qo'yamizki, ko'rsatilgan harakatlanuvchi yuklar tizimidagi yuklardan biri uchburchakli ta'sir chizig'ining cho'qqisiga to'g'ri kelganda, yuklar tizimi noqulay holatni egallaydi. Izlangan zo'riqishni eng katta qiymatga yetkazuvchi ta'sir chizig'i cho'qqisiga to'g'ri kelgan yuk *kritik yuk* deyiladi va  $F_{kr}$  bilan belgilanadi. Bu holatda, bir vaqtda quyidagi ikki tengsizlik bajarilishi kerak:

$$\begin{cases} \frac{\sum F_{uan} + F_{kp}}{a} \geq \frac{\sum F_{yuz}}{b}; \\ \frac{\sum F_{uan}}{a} \leq \frac{F_{kp} + \sum F_{yuz}}{b}, \end{cases} \quad (4.7)$$

bu yerda  $\sum F_{chap}$  - kritik kuchdan chapda joylashgan barcha kuchlar yig'indisi,  $\sum F_{o'ng}$  - kritik kuchdan o'ngda joylashgan barcha kuchlar yig'indisi;  $a$ ,  $b$ -asos to'g'ri chizig'iga ta'sir chiziqlarining chap va o'ng tarmoqlarining proektsiyalari.

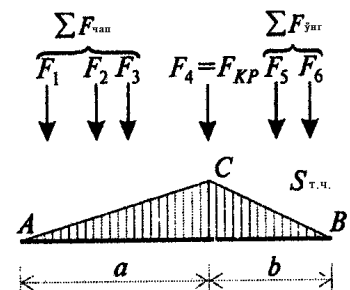
Oldindan yuklarning qaysi biri kritik bo'lishi noma'lum bo'lganli sababli, uni rad etish usulida bir necha urinishlardan so'ng topiladi. Dastlab biror yukni kritik yuk deb qabul qilinadi va (4.7) tengsizlik tekshiriladi. Agar (4.7) sharti bajarilmasa, u holda boshqa yuk kritik yuk sifatida qabul qilinadi, toki haqiqiy kritik yuk aniqlanguncha, shunday davom ettiriladi

Agar barcha qaralayotgan kuchlar ta'sir chizig'i chegarasida joylashgan bo'lsagina, topilgan yig'iq kuchlar tizimining noqulay holati to'g'ri bo'ladi, aks holda, barcha hisoblarni yangidan bajarish kerak bo'ladi, bunda berilgan ta'sir chizig'ida joylashgan kuchlarga hisobga olinadi.

(4.7) shart kritik yukning zaruriy va yetarli belgisi hisoblanadi. Yana aytish lozimki, bu shartlarni bittadan ortiq ikkita kritik yuk ham qanoatlantirishi mumkin. Agar (4.7) tengsizlikni tekshirganda ularning biri tenglikka aylansa, bu yana bitta kritik yuk borligini bildiradi. Bu faqat topilgan kritik yuk bilan yonma-yon turgan (qo'shni) yuklardan biri bo'lishi mumkin (4.23-misolga qarang). Ikkinchi kritik yuk yonma-yon yuklarni (4.7) tengsizlikka navbati bilan qo'yib aniqlanadi.

Harakatlanuvchi yuklar ta'sir qilgan hollarda  $S$  zo'riqishlarni aniqlash ikki bosqichda olib boriladi: 1) tuzilma elementlarida zo'riqishlar (deformatsiya)ning eng katta qiymatini hosil qiluvchi berilgan harakatlanuvchi yuklarning noqulay holati aniqlanadi. Harakatlanuvchi yuklarning bunday holati *hisobiy* yoki ta'sir chiziqlarining *noqulay yuklanishi*, zo'riqish (deformatsiya)larning eng katta qiymatlari esa *hisobiy qiymatlar* deyiladi. 2) yuklarning shu holatida  $S$  hisobiy zo'riqishlar (deformatsiyalar) (4.6) formulasi bo'yicha hisoblanadi.

Ta'sir chiziqlarining noqulay yuklanishi



4.4.5-rasm

Noqulay holatda joylashgan yig'iq kuchlar tizimi, ekvivalent yuk deb nomlangan yuk bilan almashtirilishi mumkin. Berilgan ta'sir chizig'i uchun *ekvivalent* yuk deb, butun uzunligi bo'yicha yassi yoyilgan shunday yukka aytiladiki, u uni almashtiruvchi yuk hosil qilgan hisobiy zo'riqish  $S_{max}$  ni hosil qiladi:

$$S_{max} = q_{\text{экв}} \cdot \omega,$$

bundan

$$q_{\text{экв}} = S_{max} / \omega, \quad (4.8)$$

bu yerda  $\omega$  - ta'sir chizig'ining maydoni (yuzi). Yig'iq kuchlarning hisobiy holatida

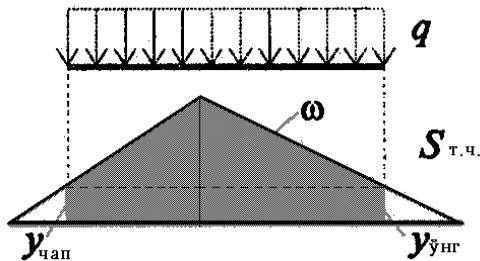
$$S_{max} = \sum_{i=1}^n F_i \cdot y_i$$

Bundan

$$q_{\text{экв}} = \sum_{i=1}^n F_i \cdot y_i / \omega \quad (4.9)$$

(4.7) tengsizlikni yechishning bir necha urinishlari o'rniga quyida, misollarning birida, shu masalani juda oddiy grafik yechimi qaraladi.

2. Aytaylik uchburchak shaklidagi ta'sir chizig'i bo'yicha uzunligi ta'sir chizig'i uzunligidan kichik, uzluksiz yassi yoyilgan yuk harakatlansin. Bu holda uning hisobiy (noqulay) holati qachonki ta'sir chiziqlarining ordinatalari yukning boshida  $u_{chap}$  va uning oxirida  $u_{o'ng}$  bir biriga teng bo'lgandagina yuz beradi (4.4.6-rasm). Bu yerda hisobiy zo'riqish  $S_{max} = q \omega$  formulasi bilan aniqlanadi, bunda  $\omega$  - yuk ostiga to'g'ri kelgan ta'sir chizig'i qismining maydoni.

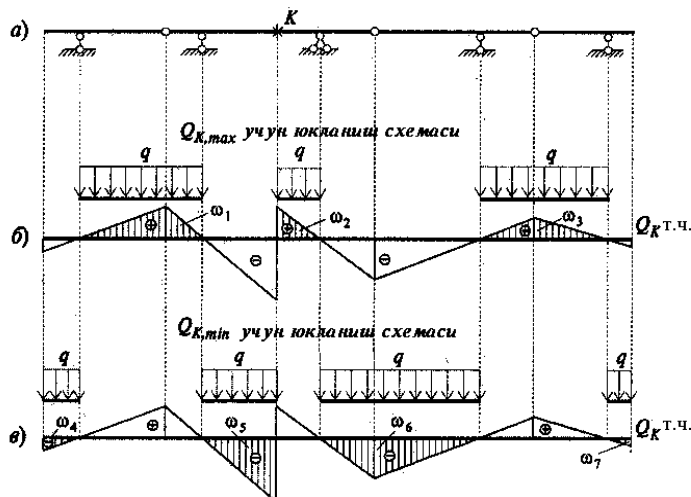


4.4.6-rasm

Belgilab qo'yamizki, ordinalarning tengligi qoidasi ixtiyoriy shakldagi ta'sir chiziqlari uchun ham adolatlidir.

3. Ixtiyoriy uzilishlar bo'lishi mumkin bo'lgan, doimiy intensivlikdagi yassi yoyilgan yukning harakatini qaraymiz. Ma'lumki, zo'riqishning ma'lum musbat ishorali eng katta qiymati  $S_{max}$  ni olish uchun bir vaqtda hamma musbat ishorali ta'sir chizig'ining bo'laklarini  $q$  yuki bilan, zo'riqishning manfiy ishorali eng katta  $S_{min}$  qiymatini

olish uchun esa - barcha manfiy ishorali bo'laklarni yuklash kerak.



4.4.7-rasm

4.4.7, a-rasmda tasvirlangan balka uchun,  $K$  kesimidagi kesuvchi kuchning ta'sir chizig'i qurilgan, 4.4.7, b, v-raslarda esa  $Q_{K,max}$  va  $Q_{K,min}$  larni aniqlash uchun yuklanish sxemalari ko'rsatilgan:

$$Q_{K,max} = q(\omega_1 + \omega_2 + \omega_3);$$

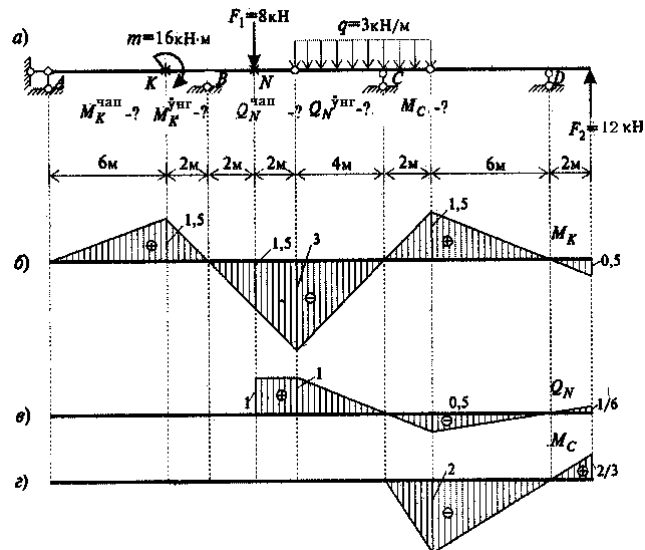
$$Q_{K,min} = q(\omega_4 + \omega_5 + \omega_6 + \omega_7).$$

$$Q_K \text{ t.ch. } \omega_4 \dots \omega_7$$

bo'laklarining yuzi «manfiy» ishora bilan olinadi.

**4.19 - misol.** Belgilangan kesimlardagi zo'riqishlarni ta'sir chiziqlari yordamida aniqlansin (4.4.8, a-rasm).





4.4.8-rasm

Ma'lum qoida bo'yicha qurilgan, 4.4.8,b...g-rasmlarida keltirilgan izlanuvchi ta'sir chiziqlarini berilgan yuklar bilan (4.6) formulasi bo'yicha yuklaymiz.

$$M_k^{чан} = -16 \cdot \frac{1,5}{2} + 8 \cdot (-1,5) + 3 \cdot \left( -\frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 3 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 1,5 \right) - 12 \cdot (-0,5) = -31,5 \text{ kN}$$

$$M_k^{нч} = 16 \cdot \frac{1,5}{6} + 8 \cdot (-1,5) + 3 \cdot \left( -\frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 3 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 1,5 \right) - 12 \cdot (0,5) = -15,5 \text{ kN}$$

$$Q_N^{чан} = 8 \cdot 1 + 3 \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 1 - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 0,5 \right) - 12 \cdot \frac{1}{6} = 10,5 \text{ kN}$$

$$Q_N^{нч} = 8 \cdot 0 + 3 \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 1 - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 0,5 \right) - 12 \cdot \frac{1}{6} = 2,5 \text{ kN}$$

$$M_c = 3 \cdot \left( -\frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 2 \right) - 12 \cdot \frac{2}{3} = -14 \text{ kN}$$

**Mavzu: Statik aniq tekis fermalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash.**

Ferma – bu geometrik o'zgarmas sistema bo'lib, uning hisoblash sxemasi tugunlarda ideal sharnirlar vositasida tutashtirilgan to'g'ri sterjenlardan iborat.

SHuningdek, tashqi yuklar albatta fermaning tugunlariga qo'yilgan va uning sterjenlarida faqat bo'ylama zo'riqishlar (bo'ylama kuchlar) hosil qiladi deb hisoblanadi. Fermalarning yuqorigi va pastki konturlari mos holda, bu fermaning yuqorigi va pastki tasmalari deyiladi, tasmalar bilan o'ralgan qolgan sterjenlar esa ferma panjaralarini hosil qiladi.

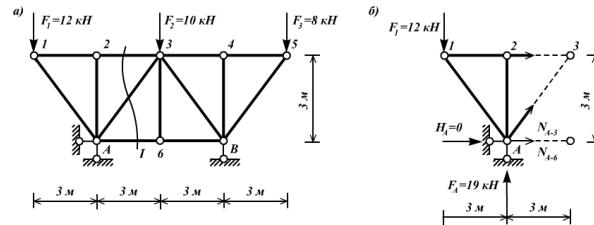
Panjaraning vertikal sterjenlari ustunlar, qiyalari – hovon, yuqorigi (pastki) tasmalarning yonma-yon tugunlari orasidagi masofalar esa panellar deyiladi.

Ferma sterjenlarining ichki zo'riqishlari kesish usulida aniqlanadi. Kesim o'tkazish shakliga qarab analitik hisoblar uchta asosiy usulga ajraladi: moment nuqtasi usuli, proektsiya usuli va tugunlarni qirqish usuli. Aytilgan usullardan tashqari murakkabroq fermalar uchun fermalar hisobining boshqa usullari ham qo'llaniladi: yopiq kesim usuli, birgalikdagi kesimlar usuli, sterjenlarni almashtirish usuli. Statik aniq fermalar qaysi usulda hisoblanmasin ularning hisobi tayanch reaksiyalarini aniqlashdan boshlanadi. Ularni balkasimon fermalarda ham xuddi balkalar va oddiy ramalardagidek, hovonli fermalarda esa uch sharnirli ramalardagidek aniqlanadi.

Moment nuqtasi usuli quyidagidan iborat: fermani hayolan ikki qismga shunday qirqiladiki, qirqimga tushgan zo'riqishlari noma'lum sterjenlar soni uchtdan oshmasin. Qirqilgan sterjenlarning o'qi paralel bo'lmasligi va bir nuqtada kesishmasligi kerak. Agar shunday qirqim o'tkazishni iloji bo'lsa, u holda fermaning bir qismi tashlab yuboriladi, qolgan qismiga ta'siri noma'lum ichki bo'ylama kuchlar qo'yiladi.

Bu kuchlarni tugundan ketuvchi (tashlab yuborilgan qismi tomoniga) cho'ziluvchi deb hisoblab (musbat) qirqilgan sterjenlarning o'qlari bo'ylab yo'naltiriladi. Qolgan qismi uchun barcha kuchlarning moment nuqtasiga nisbatan momentlarining yig'indisi ko'rinishida muvozanat tenglamalari tuziladi. Aniqlanayotgan sterjendan tashqari, kesimga tushgan barcha sterjenlarning yo'nalishlarini kesishish nuqtasi moment nuqtasi (Ritter nuqtasi) deyiladi.

**2.33- Misol.** Konsolli - balkasimon fermaning 2-3, A-6 sterjenlaridagi bo'ylama zo'riqlari aniqlansin (2.4.1,a- rasm).



2.4.1-rasm

Tayanch reaksiyalarini topamiz:

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

$$\sum M_V = 0; \quad -F_1 \cdot 9 - F_2 \cdot 3 + F_3 \cdot 3 + R_A \cdot 6 = 0, \quad R_A = (12 \cdot 9 + 10 \cdot 3 - 8 \cdot 3) / 6 = 19 \text{ kH};$$

$$\sum M_A = 0; \quad -F_1 \cdot 3 + F_2 \cdot 3 + F_3 \cdot 9 - R_B \cdot 6 = 0, \quad \sum R_B = (-2 \cdot 3 + 10 \cdot 3 + 8 \cdot 9) / 6 = 11 \text{ kH}.$$

$$\text{Tekshirish: } \sum U = 0; \quad 19 + 1 - 12 - 10 - 8 = 30 - 30 = 0.$$

Fermani I-I, kesim bilan qirqamiz, o'ng qismini tashlab yuborib, uning qolgan chap qismiga ta'sirini tugundan ketuvchi  $N_{2-3}$ ,  $N_{A-3}$ ,  $N_{A-6}$  noma'lum kuchlari bilan almashtiramiz (2.4.1,b- rasm).

$N_{2-3}$  zo'riqlashini aniqlash uchun moment nuqtasi A-3 va A-6 sterjenlarining kesishgan joyida, ya'ni A nuqtasida joylashgan. A moment nuqtasiga nisbatan chap qismidagi barcha kuchlarning momentlari yig'indisi tenglamasini tuzamiz.

$$\sum M_A^{chap} = 0; \quad -F_1 \cdot 3 + N_{2-3} \cdot 3 = 0; \quad N_{2-3} = F_1 = 12 \text{ kH}.$$

$N_{2-3}$  oldidagi «musbat» ishorasi, 2-3 sterjeni cho'ziluvchi ekanligi bildiradi.

$N_{A-6}$  zo'riqlashini aniqlash uchun moment nuqtasi 2-3 va A-3 sterjenlarining kesishgan joyi, ya'ni 3-tugunda joylashgan. 3-moment nuqtasiga nisbatan chap qismidagi barcha kuchlarning momentlari yig'indisi ko'rinishidagi muvozanat tenglamasini tuzamiz.

$$\sum M_3^{chap} = 0; \quad -F_1 \cdot 6 + R_A \cdot 3 - N_{A-6} \cdot 3 = 0; \quad N_{A-6} = (-12 \cdot 6 + 19 \cdot 3) / 3 = -5 \text{ kH}.$$

$N_{A-6}$  ning «manfiy» ishorasi, A-6 sterjenining siqiluvchi ekanligini bildiradi.

Hisoblar,  $R_B$  reaksiyasini aniqlash shart emasligini ko'rsatdi.

Javob:  $N_{2-3} = 12 \text{ kN}$ ;  $N_{A-6} = -5 \text{ kH}$ .

Moment nuqtalarini aniqlashdan kelib chiqadiki, Ba'zi xususiy hollarda, kesim uchtdan ortiq sterjenlarni kesganda ham bu usulni qo'llash mumkin.

**2.35- misol.** Tirgakli fermaning  $N_{A-3}$ ,  $N_{3-7}$  va  $N_{B-C}$  bo'ylama zo'riqlari aniqlansin (2.4.3, a- rasm).

Tirgakli fermaning tayanch reaksiyalarini aniqlaymiz.

$$\sum M_V = 0; \quad V_A \cdot 20 - 9 \cdot 16 - 6 \cdot 8 - 7 \cdot 4 = 0, \quad V_A = 11 \text{ kH};$$

$$\sum M_A = 0; \quad -V_B \cdot 20 + 7 \cdot 16 + 6 \cdot 12 + 9 \cdot 4 = 0, \quad V_B = 11 \text{ kH};$$

$$\sum M_C^{chap} = 0; \quad 11 \cdot 12 - 9 \cdot 8 - H_A \cdot 6 = 0, \quad N_A = 10 \text{ kH};$$

$$\sum M_C^{yuz} = 0; \quad -11 \cdot 8 + 7 \cdot 4 + H_B \cdot 6 = 0, \quad H_B = 10 \text{ kH}.$$

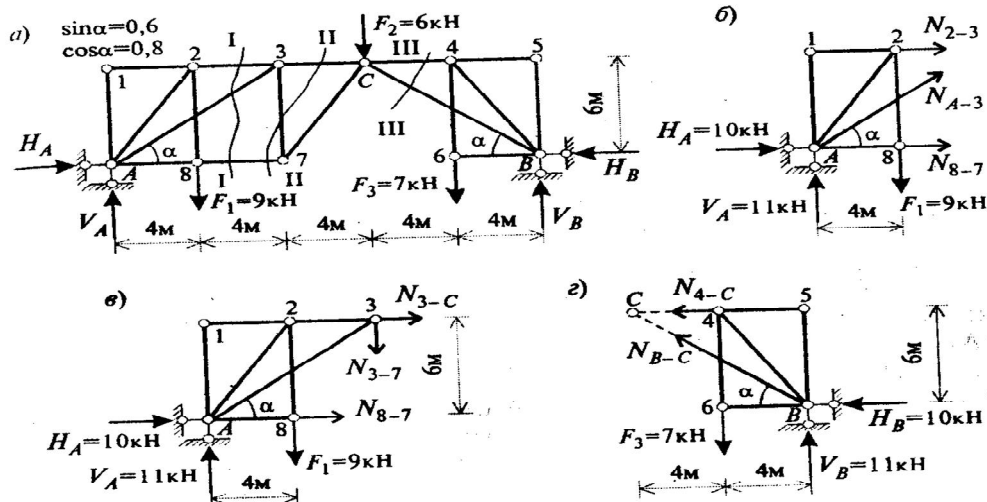
$$\text{Tekshirish: } \sum U = 0; \quad 11 - 9 - 6 - 7 + 11 = 22 - 22 = 0.$$

$N_{A-3}$  zo'riqlashini aniqlash uchun I-I kesimini o'tkazamiz (2.4.3,a- rasmga qarang), o'ng tomonini tashlab yuboramiz (2.4.3, b- rasm) va chap qismining muvozanat tenglamasini yozamiz:

$$\sum Y^{chap} = 0; \quad V_A - F_1 + N_{A-3} \cdot \sin \alpha = 0; \quad N_{A-3} = (9 - 11) / 0,6 = -3,333 \text{ kH}.$$

$N_{3-7}$  zo'riqlashini aniqlash uchun II-II kesim o'tkazamiz (2.4.3,a- rasmga qarang), o'ng tomonini tashlab yuboramiz va chap qismidagi barcha kuchlarning Y o'qiga proektsiyalarining yig'indisi ko'rinishidagi muvozanat tenglamasini yozamiz (2.4.3, v- rasm):  $\sum Y^{chap} = 0; \quad V_A - F_1 - N_{3-7} = 0; \quad N_{3-7} = 11 - 9 = 2 \text{ kH}.$

$N_{B-C}$  zo'riqlashini aniqlash uchun III-III kesimi o'tkazamiz (2.4.3,a- rasmga qarang), chap qismini tashlab yuboramiz va o'ng qismidagi barcha kuchlarning  $u$  o'qiga proektsiyalarning yig'indisi ko'rinishidagi muvozanat tenglasini yozamiz (2.4.3, g- rasmga qarang):



2.4.3-rasm

$$\sum Y^{yH2}=0; N_{B-C} \sin \alpha - F_3 + V_B = 0; N_{B-C} = (7 - 11) / 0,6 = - 6,667 \text{ kH}.$$

Javob:  $N_{A-3} = - 3,333 \text{ kH}$ ;  $N_{3-7} = 2 \text{ kH}$ ;  $N_{B-C} = - 6,667 \text{ kH}$ .

#### Mavzu: Statik aniq tekis fermalarni harakatlanuvchi yuklar ta'siriga hisoblash.

Ferma sterjenlari zo'riqlashlarining ta'sir chiziqlarini qurish uchun, doimiy yuklardan zo'riqlashlarni aniqlashdagi analitik usullarning o'zi qo'llaniladi.

$F=1$  yuki o'zining bosimini uzatuvchi tugunlari bo'lgan tasma, *yuklanuvchi ferma* tasmasi deyiladi.  $F=1$  yuki harakatlanuvchi tasma, qo'shimcha punktir chizig'i bilan belgilanadi.

Balkasimon ferma tayanch reaksiyalari ta'sir chiziqlarini qurish uchun statik usuldan foydalanishda, oddiy balka uchun olingan tenglamalarni olamiz, va tabiiyki, ta'sir chiziqlari ham o'shanday bo'ladi.

Fermani shakllantiruvchi sterjenlarning zo'riqlashlarini aniqlash uchun, uning yuk tasmasidagi mos paneli bo'yicha kesamiz, kesilgan sterjenlardagi zo'riqlashlarni tugundan ketuvchi qilib yo'naltiramiz va ferma qolgan qismining muvozanat shartidan, ularning qiymatini aniqlaymiz. Ta'sir chiziqlarini qurishda yukning ikki holati qaraladi: 1)  $F=1$  yuki yuk tasmasining kesilgan panelidan chapda; 2) yuk undan o'ngda.

Birinchi holatda izlanayotgan ta'sir chizig'ining chap tarmog'ini (chap to'g'ri chiziq), ikkinchi holatda esa o'ng tarmog'ini (o'ng to'g'ri chiziq) olamiz.

Uzatuvchi (o'tish, tutashtiruvchi) to'g'ri chizig'ini olish uchun perpendikulyar tushiriladi: chap tarmoqqa kesimga nisbatan birinchi chap tugun, o'ng tarmoqqa esa yuk tasmasining birinchi o'ng tuguni; olingan tugunlar, kesilgan panel chegarasida  $F=1$  yuki harakatiga mos kelgan uzatish to'g'ri chizig'i bilan tutashtiriladi.

**4.7-misol.** 4.2.1,a-rasmga tasvirlangan ferma belgilangan elementlari zo'riqlashlarining ta'sir chiziqlari qurilsin.  $F=1$  yukining harakati punktir bilan ko'rsatilgan.

$R_A$  va  $R_B$  tayanch reaksiyalarining ta'sir chiziqlari 4.2.1, b, v-rasmlarda ko'rsatilgan.

$N_{3-4}$  zo'riqlashning ta'sir chizig'i.  $N_{3-4}$  zo'riqlashning o'zgarish qonuniyatini aniqlash uchun ferma yuk tasmasining uchinchi panelini uning barcha elementlarini kesib o'tuvchi I-I qirgimi bilan ikki bo'lakka kesamiz va ikki holatni qaraymiz (4.2.1, a-rasmga qarang).

1.  $F=1$  yuki 3-4 kesilgan panel 3- chap tugunidan chapda harakatlanisin. Fermaning chap qismini tashlab yuboramiz. Qolgan o'ng qismining muvozanatini qaraymiz. Izlanuvchi zo'riqlashni topish uchun moment nuqtasi usulidan foydalanamiz. 3-4 sterjeni uchun moment nuqtasi 8 tugun bilan mos keladi.

$\sum M_8^{yH2} = -R_B \cdot d - N_{3-4} \cdot h = 0$ , bundan  $N_{3-4} = -R_B d / h - N_{3-4}$  t.ch. chap tarmog'i tenglamasi, bundan ko'rinib turibdiki, u  $R_B$  tayanch reaksiyasi qonuniyati bo'yicha o'zgaradi,

lekin uning ordinatalarini manfiy son  $(-d/h)$  ga ko'paytirish kerak.  $N_{3-4}$  t.ch. chap tarmog'i faqat  $F=1$  yuki harakatlanuvchi bo'lakda haqiqiy bo'ladi, ya'ni 1 tugundan 3 tugungacha (4.2.1, g-rasm).

2.  $F=1$  yuki 3-4 kesilgan panel 4-o'ng tugundan o'ngda harakatlansin. Fermaning o'ng qismini tashlab yuboramiz va qolgan chap qismining muvozanatini qaraymiz:

$\Sigma M_B^{yan} = R_A \cdot 3d + N_{3-4} \cdot h = 0$ , bundan  $N_{3-4} = -R_A \cdot 3d/h - N_{3-4}$  t.ch. o'ng tarmog'ining tenglamasi. Olingan tenglamadan ko'rinadiki,  $N_{3-4}$  t.ch. o'ng tarmog'i  $R_A$  tayanch reaksiyasi qonuniyati bo'yicha o'zgaradi, ammo uning ordinatalari manfiy  $(-3d/h)$  qiymatga ko'paytirilishi kerak.

$N_{3-4}$  t.ch. ning o'ng tarmog'i  $F=1$  yuki xarakatlangan bo'lakda haqiqiy bo'ladi, ya'ni 4-tugundan 6-tugungacha (4.2.1, g-rasm).

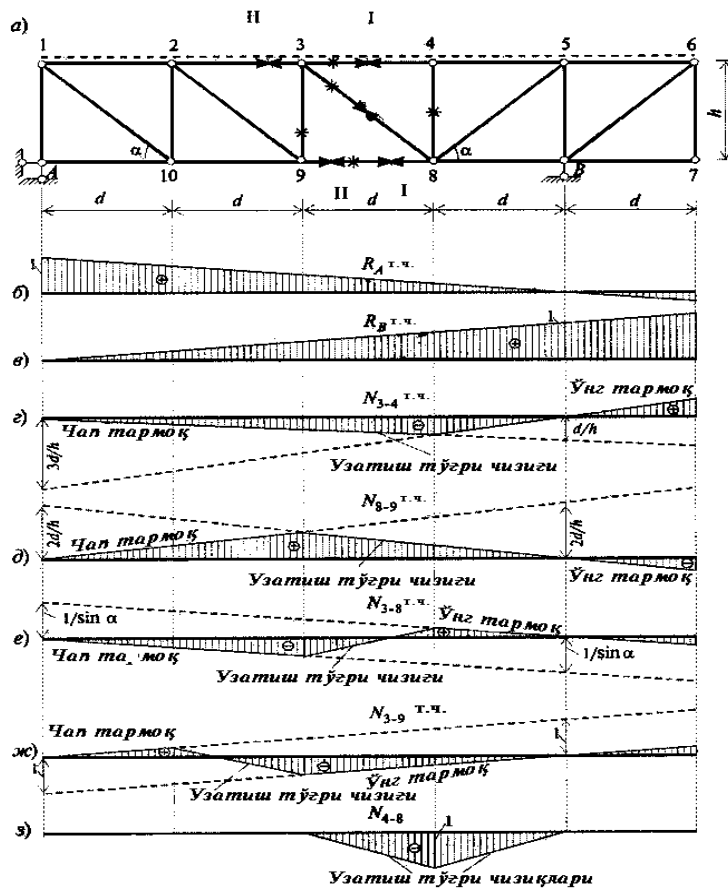
Fermaga yuk tugunlar orqali uzatilganda  $N_{3-4}$  t.ch.,  $F=1$  yuki 3-4 tugunlar orasida harakatlanishidan, 3-tugun ostidagi chap tarmoq ordinatasini 4-tugun ostidagi o'ng tarmoq ordinatasi bilan tutashtiruvchi uzatish to'g'ri chizig'i bilan ifodalanadi. Qaralayotgan holda uzatish chizig'i chap tarmoq davomiga ustma-ust tushadi. Ta'sir chiziqlarining chap va o'ng tarmoqlari har doim moment nuqtasi ostida kesishishi kerak (4.2.1, g-rasmga qarang).

SHunga o'xshash  $N_{8-9}$  t.ch. va  $N_{3-8}$  t.ch. I-I qirgimi yordamida quriladi.

$N_{8-9}$  z o'riqishning ta'sir chizig'i.

1.  $F=1$  yuki kesilgan paneldan chapda joylashgan. CHap qismini tashlab yuboramiz. Fermaning o'ng qismi muvozanatini qaraymiz. 8-9 strejeni uchun moment nuqtasi 3-tugun bilan mos tushadi.

$\Sigma M_3^{yhz} = -R_B \cdot 2d + N_{8-9} \cdot h = 0$ , bundan  $N_{8-9} = R_B \cdot 2d/h - N_{8-9}$  t.ch. chap tarmog'ining tenglamasi (4.2.1, d-rasmga qarang).



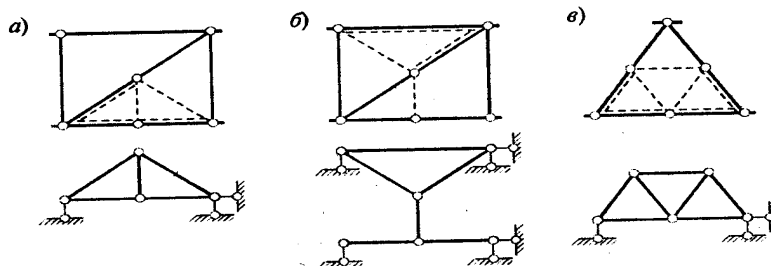
4.2.1-rasm

2.  $F=1$  yuki kesilgan paneldan o'ngda joylashgan. O'ng qismini tashlab yuboramiz. Fermaning chap qismi muvozanatini qaraymiz.

$\Sigma M_3^{uan} = R_A \cdot 2d - N_{8-9} \cdot h = 0$  bundan  $N_{8-9} = R_A \cdot 2d / h - N_{8-9}$  t.ch. o'ng tarmog'ining tenglamasi (4.2.1, d- rasmga qarang).

### Mavzu: Bir pog'onali shprengelli fermalarni hisoblash.

Qurilishda shprengelli fermalar ham keng qo'llaniladi. SHprengel qurilmalarining (qo'shimcha ferma-shprengel) asosiy vazifasi, yuklangan tasma panellarining uzunligini kamaytirish va tugundan tashqari yuklarni,



2.4.10-rasm

asosiy ferma elementlariga uzatishdan iborat. Qo'shimcha fermacha-shprengellar, asosiy ferma tugunlariga tayanadi va faqat qo'shimcha tugunlarga qo'yilgan, mahalliy yuklarga ishlaydi.

2.4.10- rasmda shprengellarning asosiy turlari ko'rsatilgan: 2.4.10,a- rasm – bir qavatli (bir yarusli), 2.4.10, b- rasm –ikki qavatli (ikki yarusli), 2.4.10,v- rasm – uchburchak panjarali.

Ishlash xarakteriga ko'ra, shprengelli ferma sterjenlarini uchta kategoriyaga bo'lish mumkin:

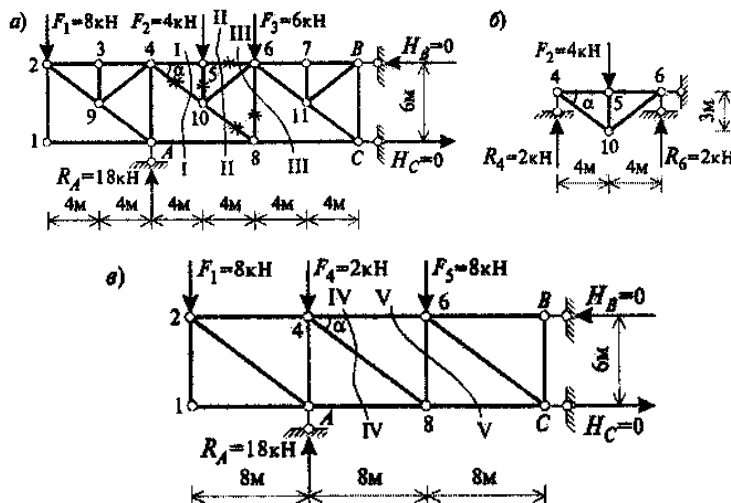
1. Faqat asosiy fermaga tegishli sterjenlar (2.4.10-rasmda ular uzluksiz chiziqlar bilan ko'rsatilgan). SHunday sterjenlar zo'riqishlariga shprengellar ta'sir ko'rsatmaydi. Oldindan yordamchi tugunlardagi mahalliy yukni ikkita qo'shni asosiy tugunlarga ko'chirib, hayolan shprengellarni olib tashlash mumkin.

2. Faqat shprengelga tegishli sterjenlar (2.4.10-rasmda ular punktir chiziqlar bilan ko'rsatilgan). Ularning zo'riqishlari, yordamchi tugunlarga qo'yilgan faqat mahalliy yuk ta'siridan, shprengel-fermachaning hisobidan aniqlanadi.

3. Bir vaqtda ham asosiy fermaga, ham shprengelga tegishli sterjenlar (2.4.10- rasmda ular ikkita chiziq uzluksiz va punktir bilan ko'rsatilgan). Bunday sterjenlardagi zo'riqishlar asosiy ferma va shprengel elementlarida hosil bo'lgan zo'riqishlarning yig'indisidan topiladi.

SHprengelli fermaning statik hisoblarida yuqorida keltirilgan sterjenlarni uchta kategoriyaga shartli bo'linishlari ba'zi holatlarda e'tiborga olinmasligi mumkin.

**2.38-misol.** 2.4.11a-rasmda ko'rsatilgan shprengelli fermaning belgilangan elementlaridagi bo'ylama zo'riqishlar aniqlansin.



2.4.11-rasm

Dastlab, 2.4.11, a- rasmda tavsiya etilgan fermaning geometriyasidan keyinchalik bizga kerak bo'ladigan  $\alpha$  burchak trigonometrik funktsiyalarining qiymatlarini topamiz:  $\sin\alpha = 6/10 = 0,6$ ;  $\cos\alpha = 8/10 = 0,8$ ;  $\sin 2\alpha = 2\sin\alpha \cdot \cos\alpha = 0,96$ .

Masalani ikkita usulda yechamiz.

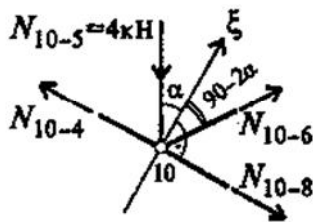
Birinchi usulda, berilgan fermani shprengelli emas, oddiy deb hisoblaymiz. Tugunlar muvozanatining xususiy hollaridan  $N_{5-10} = -F_2 = -4 \text{ kN}$  va  $N_{5-6} = N_{4-5}$  lar kelib chiqadi.  $N_{4-5}$  va  $N_{4-10}$  zo'riqishlarini topish uchun I-I kesimini o'tkazamiz (2.4.11, a-rasmga qarang), o'ng qismini tashlab yuboramiz va kesilgan sterjenlarning zo'riqishlarini tugundan ketuvchi qilib yo'naltirib, qolgan chap qismi uchun muvozanat shartini yozamiz.

$$\sum Y^{uan} = 0; -F_1 + R_A - N_{4-10} \cdot \sin\alpha = 0;$$

$$N_{4-10} = (18 - 8)/0,6 = 16,667 \text{ kN};$$

$$\sum M_8^{uan} = 0; -F_1 \cdot 16 + R_A \cdot 8 + N_{4-5} \cdot 6 = 0;$$

$$N_{4-5} = (8 \cdot 16 - 18 \cdot 8)/6 = -2,667 \text{ kN}.$$



2.4.12-rasm

8-10 va 6-8 sterjenlaridagi zo'riqishlarni topish uchun, dastlab bizga kerak bo'lmagan 6-10 sterjenidagi zo'riqishni aniqlash zarur bo'ladi. Buning uchun 10-tugunni kesamiz va tugunda uchrashuvchi barcha kuchlarni, topilgan  $N_{10-5} = -4 \text{ kN}$  zo'riqishni hisobga olgan holda, 10-4 va 10-8 sterjenlariga perpendikulyar o'qqa proektsiyalarini olamiz (2.4.12- rasm).

$$\sum \zeta = 0; -N_{10-5} \cdot \cos\alpha + N_{10-6} \cdot \cos(90 - \alpha) = 0;$$

$$-4 \cdot 0,8 + N_{10-6} \cdot \sin 2\alpha = 0, \text{ bundan } N_{10-6} = 3,2/0,96 = 3,333 \text{ kN}.$$

$N_{10-6}$  zo'riqishi topilgandan so'ng, 8-10 va 6-8 sterjenlaridagi zo'riqishlarni ham aniqlash mumkin. Buning uchun, ketma-ket II-II va III-III (kesimlarini o'tkazib 2.4.11, a-rasmga qarang) va har safar chap qismini tashlab yuborib, topamiz:

$$\text{II -II kesim : } \sum Y^{yuz} = 0; N_{8-10} \cdot \sin\alpha - N_{6-10} \cdot \sin\alpha - F_3 = 0,$$

$$N_{8-10} = (F_3 + N_{6-10} \cdot \sin\alpha) / \sin\alpha = (6 + 3,333 \cdot 0,6) / 0,6 = 13,333 \text{ kN};$$

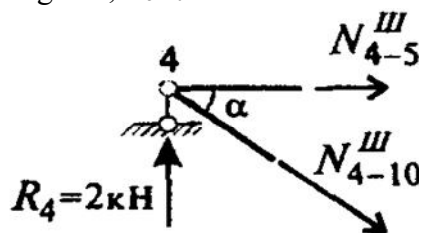
$$\text{III-III kesim : } \sum Y^{yuz} = 0; -N_{6-8} - N_{6-10} \cdot \sin\alpha - F_3 = 0,$$

$$N_{6-8} = (-F_3 - N_{6-10} \cdot \sin\alpha) = (-6 - 3,333 \cdot 0,6) = -8 \text{ kN}.$$

Ikkinchi usulda berilgan fermani shprengelli ferma sifatida hisoblaymiz.

Ajratish usulini qo'llab, shprengelli fermani ikki tuzilma yig'indisi ko'rinishida ifodalaymiz. Ulardan biri, 5-qo'shimcha tugunga qo'yilgan  $F_2 = 4 \text{ kN}$  yuki bilan yuklangan, uning ta'ciridan 4 va 6-tugunlarida  $R_4 = R_6 = 2 \text{ kN}$  tayanch reaksiyalari hosil bo'luvchi, shprengel fermacha hisoblanadi (2.4.11, b- rasm). Qo'shimcha tugunlarga (maxalliy) yuk qo'yilmagan boshqa ikki shprengel ishlamaganligi sababli, ularni olib tashlash mumkin.

Boshqa ikkinchi tuzilma asosiy ferma bo'lib, u uning asosiy tugunlariga bevosita ta'cir qiluvchi yuklarga hamda teskari yo'nalishda olingan va 4,6- tugunlarga qo'yilgan shprengel-fermacha tayanch reaksiyalari  $R_4 = R_6 = 2 \text{ kN}$  sifatida qabul qilingan qo'shimcha yuklarga, ya'ni  $F_4 = R_4 = 2 \text{ kN}$  va  $F_5 = F_3 + R_6 = 6 + 2 = 8 \text{ kN}$  ga hisoblanadi (2.4.11, v- rasm). Xuddi birinchi usuldagidek,  $N_{5-10} = -F_2 = -4 \text{ kN}$  va  $N_{5-6} = N_{4-5}$ .



2.4.13-rasm

5-10 sterjeni 2-kategoriya sterjenlariga tegishli.

4-5, 5-6 va 4-10 sterjenlari 3-kategoriya sterjenlariga tegishli, ularning zo'riqishlari shprengel (2.4.11, b- rasmga qarang) va asosiy fermada (2.4.11, v- rasm) hosil bo'lgan zo'riqishlarning algebraik yig'indisi yo'li bilan aniqlanadi.

SHprengeldagi zo'riqishni 4- tugunni qirqib aniqlaymiz (2.4.13-rasm).

$$\sum Y = 0; R_A - N_{4-10}^{III} \cdot \sin\alpha = 0; N_{4-10}^{III} = R_4 / \sin\alpha =$$

$$2/0,6 = 3,333 \text{ kN};$$

$$\Sigma X=0; N_{4-5}^{III} + N_{4-10}^{III} \cdot \cos \alpha = 0; N_{4-5}^{III} = -N_{4-10}^{III} \cdot \cos \alpha = -3,333 \cdot 0,8 = -2,667 \text{ kN}.$$

Xuddi shu zo'riqlashlarni asosiy ferma sterjenlarida aniqlash uchun IV-IV kesim o'tkazamiz, chap qismini tashlab yuboramiz, kesilgan sterjenlardagi zo'riqlashlarni tugundan ketuvchi qilib yo'naltirib (tashlab yuborilgan tomonga) o'ng tomoni uchun muvozanat tenglamasini yozamiz (2.4.11, v- rasmga qarang).

$$\Sigma Y^{yH2} = 0; N_{8-4}^{\alpha} \sin \alpha - F_5 = 0, N_{8-4}^{\alpha} = 8/0,6 = 13,333 \text{ kN};$$

$\Sigma M_8^{yH2} = 0; N_{6-4}^{\alpha} = 0$ , bu yerda «sh» va «α» indeklari sterjenlarning shprengel-fermachaga yoki asosiy fermaga tegishli ekanligini ko'rsatadi.

3- kategoriya sterjenlari uchun topilgan zo'riqlashlarni yig'indisidan oxirgi qiymatni olamiz:

$$N_{5-6} = N_{4-5} = N_{4-5}^{III} + N_{6-4}^{\alpha} = -2,667 + 0 = -2,667 \text{ kN};$$

$$N_{4-10} = N_{4-10}^{III} = N_{8-4}^{\alpha} = 3,333 + 13,333 = 16,667 \text{ kN}.$$

8-10 va 6-8 sterjenlari 1- kategoriya sterjenlariga qarashli, ulardagi zo'riqlashlar 2.4.11, v- rasm bo'yicha aniqlanadi. 8-10 sterjenining zo'riqlashi 8-4 sterjeni zo'riqlashi bilan bir xil, ya'ni

$$N_{8-10} = N_{8-4}^{\alpha} = 13,333 \text{ kN}.$$

6-8 sterjendagi zo'riqlashni topish uchun V-V kesim o'tkazamiz, chap qismini tashlab yuboramiz, kesilgan sterjenlardagi zo'riqlashlarni tashlab yuborilgan tomonga yo'naltirib kesimning o'ng tomonidagi hamma kuchlarni Y o'qiga proektsiyalarining yig'indisi ko'rinishidagi muvozanat tenglamasini tuzamiz (2.4.11, v- rasmga qarang).

$$\Sigma Y^{yH2} = 0; -F_5 - N_{6-8} = 0, N_{6-8} = -F_5 = -8 \text{ kN}.$$

SHprengelli fermalarning ikki usulda hisoblarini solishtirishdan quyidagi xulosalarni qilish mumkin:

1. kategoriya sterjenlaridagi zo'riqlashni odatda, 2.4.11, v- rasm bo'yicha ikkinchi usulda ancha oson aniqlanadi.

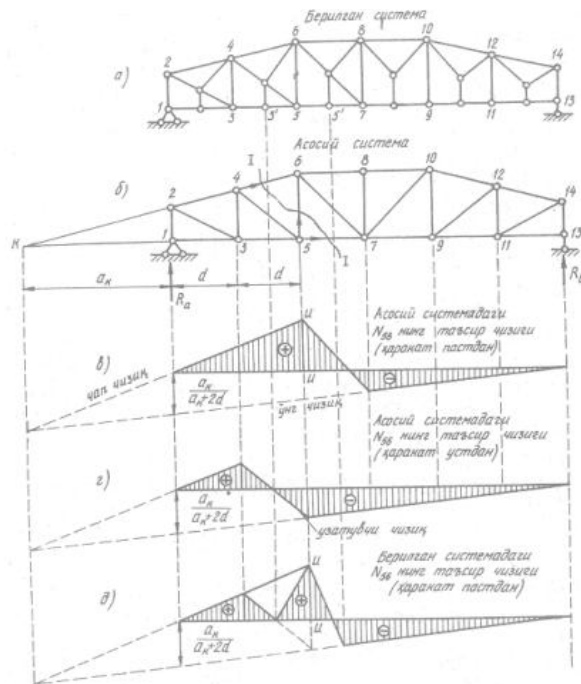
2. kategoriya sterjenlaridagi zo'riqlashni 2.4.11, b- rasm bo'yicha yana ikkinchi usulda yengil topiladi.

3. kategoriya sterjenlaridagi zo'riqlashni 2.4.11, a- rasmdan foydalanib birinchi usulda ancha oson aniqlanadi. Agar ferma panellarida ikki va undan ko'p shprengellar bo'lsa, u holda, avvalo asosiy tugundan tashqari qo'yilgan yukni fermaning asosiy tugunlariga taqsimlab, aniqlanuvchi 3- kategoriya sterjeni qatnashmagan shprengelni olib tashlash kerak.

Javob:  $N_{5-10} = -4 \text{ kN}; N_{5-6} = -2,667 \text{ kN}; N_{4-10} = 16,667 \text{ kN}; N_{8-10} = 13,333 \text{ kN}; N_{6-8} = -8 \text{ kN}.$

#### **Mavzu: Ikki pog'onali shprengelli fermalarni hisoblash.**

Tarkibida ikki pog'onali shprengellar mavjud bo'lgan fermaning 5 — 6 ustuni uchun ta'sir chiziqlari qurilsin (4.16- rasm, a).



4.16-pasm

Fermaning bu ustuni sterjenlarning to'rtinchi toifasiga kiradi, ya'ni ustun asosiy fermaga tegishli element bo'lib, uning ta'sir chiziqlari birlik kuch qaysi tasmadan harakatlanishiga qarab turlicha bo'ladi. Berilgan sistemadagi shprengellarni tashlab yuborish yo'li bilan asosiy sistemani hosil qilamiz (4.16-rasm,b). Asosiy sistemaning 5—6 sterjeni uchun ta'sir chiziqlarini chizamiz. Bunda yukning ustki va ostki tasmalar bo'yicha harakati ko'rib chiqiladi. Fermani 1—1 kesim bo'ylab qirqamiz, birlik kuch kesimdan o'ng tomonda harakat qiladi, deb faraz etib, chap qism uchun K nuqtaga nisbatan momentlar

$$\sum M_k = -R_a a_k - N_{56} \cdot (a_k + 2d) = 0,$$

bundan

$$N_{56} = -\frac{R_a \cdot a_k}{a_k + 2d}.$$

Bu qiymatga asosan o'ng to'g'ri chiziqni o'tkazamiz. Moment nuqtasidan foydalanib, chap to'g'ri chiziq o'tkaziladi. Birlik kuch pastki tasmada harakatlansa, uzatuvchi chiziqni o'tkazish uchun chap va o'ng to'g'ri chiziqlarga 5 va 7 tugunlar proektsiyalanadi (4.16-rasm,v). Yuk yuqori tasmada harakatlansa, uzatuvchi chiziqni o'tkazish uchun 4 va 6 tugunlar proektsiyalanadi (4.16-rasm, g). Har ikkala ta'sir chizig'idan ko'rinib turibdiki, yuk uchinchi tugundan chapda va yettinchi tugundan o'ngda harakatlansa, zo'riqishning qiymati harakat sathiga bog'liq bo'lmaydi. Yuk 3' va 5' tugunlarga qo'yilsa (4.16-rasm,a), uning ta'siri ikki pog'onali shprengellar orqali yuqori tugunlarga uzatiladi; go'yoki harakat ustki tasma bo'ylab sodir bo'lgandek tuyuladi. SHu sababga ko'ra, bunday holda N56ning ordinatalari 4.15-rasm,g dan olinadi. Uning izlanaётgan ta'sir chizig'ini qurish uchun aniqlangan ordinatalar yetarli. Mazkur ta'sir chizig'i 4.16- rasm, d da o'z aksini topgan.

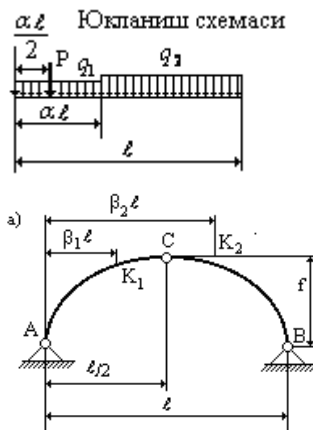
**Mavzu: Uch sharnirli arkani qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash. Uch sharnirli arkalarining tayanch ta'sir chiziqlarini va arkaning ixtiyoriy kesimi uchun M, Q va N larni ta'sir chiziqlarini qurish**

Berilgan uch sharnirli arka uchun quyidagilar aniqlash talab etiladi:



1. Doimiy yuklar ta'sirida  $K_1$  va  $K_2$  kesimdagi eguvchi moment  $M_k$ , ko'ndalang kuch  $Q_k$  va bo'ylama kuch  $N_k$  larni qiymati analitik usulda aniqlansin.
2.  $K_1$  kesim uchun eguvchi moment  $M_{k1}$ , ko'ndalang kuch  $Q_{k1}$  va bo'ylama kuch  $N_{k1}$  ni ta'sir chizigi qurilsin.
3. Ta'sir chiziqlar yordamida eguvchi moment  $M_{k1}$ , ko'ndalang kuch  $Q_{k1}$  va bo'ylama kuch  $N_{k1}$  ni qiymatlari hisoblansin.

$\ell = 30 \text{ m}$        $\beta_2 = 0.65$       aylana  
 Berilgan:  $\alpha = 0.45$        $q_1 = 0 \text{ kN/m}$        $\frac{f}{\ell} = 0.34$   
                   $\beta_1 = 0.45$        $q_2 = 4 \text{ kN/m}$        $P = 3 \text{ kN}$



a) Agar arkaning o'q chiziqli parabola shaklida bo'lsa

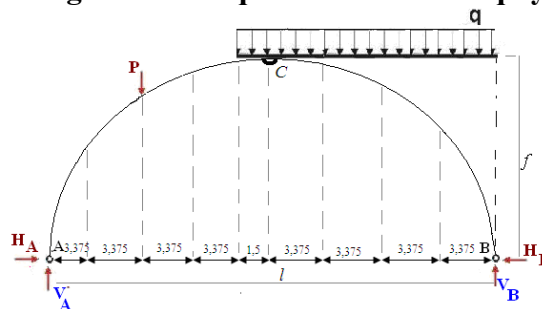
$$y = \frac{4 \cdot f}{\ell^2} x(\ell - x); \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{dy}{dx}.$$

b) Agar arkaning o'q chiziqli aylana shaklida bo'lsa

$$y = \sqrt{R^2 - \left(\frac{\ell}{2} - x\right)^2} - R + f, \quad \text{bu yerda } R = \frac{f}{2} + \frac{\ell^2}{8 \cdot f}$$

$$\sin \varphi = \frac{\ell - 2x}{2R}; \quad \cos \varphi = \frac{y + R - f}{R}.$$

**Arkaning ichki zo'riqish kuchlarini aniqlaymiz.**



Vertikal tayanch reaksiya kuchlarini aniqlaymiz. Buning uchun muvozanat tenglamasini tuzamiz.

$$\sum M_B = 0 \quad V_A \cdot 30 - P \cdot 23,25 - q \cdot 16,5 \cdot \frac{16,5}{2} = 0$$

$$V_A = \frac{P \cdot 23,25 + q \cdot 16,5 \cdot \frac{16,5}{2}}{30} = \frac{3 \cdot 23,25 + 4 \cdot 16,5 \cdot \frac{16,5}{2}}{30} = 20,475 \text{ kN}$$

$$\sum M_A = 0 \quad P \cdot 6,5 - V_B \cdot 30 + q \cdot 16,5 \cdot \left(\frac{16,5}{2} + 13,5\right) = 0$$

$$V_B = \frac{P \cdot 6,75 + q \cdot 16,5 \cdot \left(\frac{16,5}{2} + 13,5\right)}{30} = \frac{3 \cdot 6,75 + 4 \cdot 16,5 \cdot \left(\frac{16,5}{2} + 13,5\right)}{30} = 48,525 \text{ kN}$$

**Tekshirish:**  $\sum prY = 0$   $V_A + V_B - P - q \cdot 16,5 = 0$   
 $20,475 + 48,525 - 3 - 4 \cdot 16,5 = 0$

Gorizontall tayanch reaksiya kuchlarini aniqlaymiz.

$$\sum M_C^{chap} = 0 \quad V_A \cdot 15 - H_A \cdot f - P \cdot 8,25 - q \cdot 1,5 \cdot \frac{1,5}{2} = 0$$

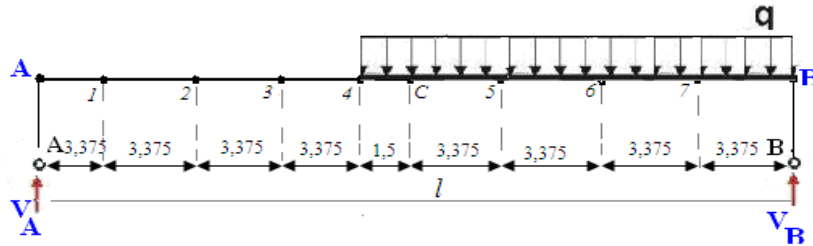
$$H_A = \frac{V_A \cdot 15 - P \cdot 8,25 - q \cdot 1,5 \cdot \frac{1,5}{2}}{f} = \frac{20,475 \cdot 15 - 3 \cdot 8,25 - 4 \cdot 1,5 \cdot \frac{1,5}{2}}{10,5} = 26,46 \text{ kN}$$

$$\sum M_C^{o'ng} = 0 \quad -V_B \cdot 15 + H_B \cdot f + q \cdot 15 \cdot \frac{15}{2} = 0$$

$$H_B = \frac{V_B \cdot 15 - q \cdot 15 \cdot \frac{15}{2}}{f} = \frac{48,525 \cdot 15 - 4 \cdot 15 \cdot \frac{15}{2}}{10,5} = 26,46 \text{ kN}$$

**Tekshirish:**  $\sum prX = 0$   $H_A - H_B = 0$

Endi arkani arka uzunligidagi oddiy balka bilan almashtiramiz.



Balkadagi ko'ndalang kuch  $M_K^0$  larni aniqlaymiz

$$\begin{aligned} x_A = 0 & \quad M_A^0 = 0 \\ x_1 = 3,375 \text{ m} & \quad M_1^0 = V_A \cdot 3,375 = 20,475 \cdot 3,375 = 69,1 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ x_2 = 6,75 \text{ m} & \quad M_2^0 = V_A \cdot 6,75 = 20,475 \cdot 6,75 = 138,2 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ x_3 = 10,125 \text{ m} & \quad M_3^0 = V_A \cdot 10,125 - P \cdot 3,375 = 20,475 \cdot 10,125 - 3 \cdot 3,375 = 197,18 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ x_4 = 13,5 \text{ m} & \quad M_4^0 = V_A \cdot 13,5 - P \cdot 6,75 = 20,475 \cdot 13,5 - 3 \cdot 6,75 = 256,16 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ x_C = 15 \text{ m} & \quad M_C^0 = V_A \cdot 15 - P \cdot 8,25 - q \cdot \frac{1,5^2}{2} = 20,475 \cdot 15 - 3 \cdot 8,25 - 4 \cdot \frac{1,5^2}{2} = 277,87 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

$$x_5 = 18,75 \text{ m}$$

$$M_5^0 = V_A \cdot 18,75 - P \cdot 12 - q \cdot \frac{5,25^2}{2} = 20,475 \cdot 18,75 - 3 \cdot 12 - 4 \cdot \frac{5,25^2}{2} = 292,77 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$x_6 = 22,5 \text{ m}$$

$$M_6^0 = V_A \cdot 22,5 - P \cdot 15,75 - q \cdot \frac{9^2}{2} = 20,475 \cdot 22,5 - 3 \cdot 15,75 - 4 \cdot \frac{9^2}{2} = 251,43 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$x_7 = 26,25 \text{ m}$$

$$M_7^0 = V_A \cdot 26,5 - P \cdot 19,5 - q \cdot \frac{12,75^2}{2} = 20,475 \cdot 26,5 - 3 \cdot 19,5 - 4 \cdot \frac{12,75^2}{2} = 153,84 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$x_B = 30 \text{ m} \quad M_B^0 = V_A \cdot 30 - P \cdot 23,25 - q \cdot \frac{16,5^2}{2} = 20,475 \cdot 30 - 3 \cdot 23,25 - 4 \cdot \frac{16,5^2}{2} = 0$$

Balkadagi ko'ndalang kuch  $Q_K^0$  larni aniqlaymiz.

$$x_A = 0 \quad Q_A^0 = V_A = 20,475 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
x_1 &= 3,375 \text{ m} & Q_1^0 &= V_A = 20,475 \text{ kN} \\
x_2 &= 6,75 \text{ m} & Q_2^{chap} &= V_A = 20,475 \text{ kN}, & Q_2^{o'ng} &= V_A - P = 20,475 - 3 = 17,475 \text{ kN} \\
x_3 &= 10,125 \text{ m} & Q_3^0 &= V_A - P = 20,475 - 3 = 17,475 \text{ kN} \\
x_4 &= 13,5 \text{ m} & Q_4^0 &= V_A - P = 20,475 - 3 = 17,475 \text{ kN} \\
x_C &= 15 \text{ m} & Q_C^0 &= V_A - P - q \cdot 1.5 = 20,475 - 3 - 4 \cdot 1.5 = 11,475 \text{ kN} \\
x_5 &= 18,75 \text{ m} & Q_5^0 &= V_A - P - q \cdot 5.25 = 20,475 - 3 - 4 \cdot 5.25 = -3,525 \text{ kN} \\
x_6 &= 22,5 \text{ m} & Q_6^0 &= V_A - P - q \cdot 9 = 20,475 - 3 - 4 \cdot 9 = -18,525 \text{ kN} \\
x_7 &= 26,25 \text{ m} & Q_7^0 &= V_A - P - q \cdot 12.75 = 20,475 - 3 - 4 \cdot 12.75 = -33,525 \text{ kN} \\
x_B &= 30 \text{ m} & Q_B^0 &= V_A - P - q \cdot 16.5 = 20,475 - 3 - 4 \cdot 16.5 = -48,525 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Har bir nuqta balandligini aniqlaymiz.

Buning uchun arkaning o'q chiziq tenglamasidan foydalanamiz. arkaning o'q chizig'i aylanadan

iborat.  $y = \sqrt{R^2 - \left(\frac{\ell}{2} - x\right)^2} - R + f$ , bu yerda  $R = \frac{f}{2} + \frac{\ell^2}{8 \cdot f}$

$$R = \frac{10.5}{2} + \frac{30^2}{8 \cdot 10.5} = 5.25 + 10.7 = 15.95 \text{ m}$$

$$y = \sqrt{15.95^2 - \left(\frac{30}{2} - x\right)^2} - 15.95 + 10.5 = \sqrt{254.4 - (15 - x)^2} - 5.45,$$

$$y = \sqrt{254.4 - (15 - x)^2} - 5.45$$

$$x_A = 0 \quad y_A = \sqrt{254.4 - (15 - 0)^2} - 5.45 = 5.45 - 5.45 = 0$$

$$x_1 = 3,375 \text{ m} \quad y_1 = \sqrt{254.4 - (15 - 3.375)^2} - 5.45 = 10.9 - 5.45 = 5.45 \text{ m}$$

$$x_2 = 6,75 \text{ m} \quad y_2 = \sqrt{254.4 - (15 - 6.75)^2} - 5.45 = 13.65 - 5.45 = 8,2 \text{ m}$$

$$x_3 = 10,125 \text{ m} \quad y_3 = \sqrt{254.4 - (15 - 10.125)^2} - 5.45 = 15.18 - 5.45 = 9.73 \text{ m}$$

$$x_4 = 13,5 \text{ m} \quad y_4 = \sqrt{254.4 - (15 - 13.5)^2} - 5.45 = 15.87 - 5.45 = 10.42 \text{ m}$$

$$x_C = 15 \text{ m} \quad y_C = \sqrt{254.4 - (15 - 15)^2} - 5.45 = 15.94 - 5.45 = 10.5 \text{ m}$$

$$x_5 = 18,75 \text{ m} \quad y_5 = \sqrt{254.4 - (15 - 18.75)^2} - 5.45 = 15.5 - 5.45 = 10.05 \text{ m}$$

$$x_6 = 22,5 \text{ m} \quad y_6 = \sqrt{254.4 - (15 - 22.5)^2} - 5.45 = 14.07 - 5.45 = 8.62 \text{ m}$$

$$x_7 = 26,25 \text{ m} \quad y_7 = \sqrt{254.4 - (15 - 26.25)^2} - 5.45 = 11.3 - 5.45 = 5.85 \text{ m}$$

$$x_B = 30 \text{ m} \quad y_B = \sqrt{254.4 - (15 - 30)^2} - 5.45 = 5.45 - 5.45 = 0$$

$\sin \varphi$  va  $\cos \varphi$  larni aniqlaymiz.

$$1. \sin \varphi = \frac{\ell - 2x}{2R} = \frac{30 - 2x}{2 \cdot 15.95} = \frac{2(15 - x)}{2 \cdot 15.95} = \frac{15 - x}{15.95};$$

$$x_A = 0 \quad \sin \varphi_A = \frac{15 - 0}{15.95} = 0.94$$

$$x_1 = 3,375 \text{ m} \quad \sin \varphi_1 = \frac{15 - 3.375}{15.95} = 0.72$$

$$x_2 = 6,75 \text{ m} \quad \sin \varphi_2 = \frac{15 - 6.75}{15.95} = 0.51$$

$$x_3 = 10,125 \text{ m} \quad \sin \varphi_3 = \frac{15 - 10.125}{15.95} = 0.3$$

$$\begin{aligned}
x_4 &= 13,5 \text{ m} & \sin \varphi_4 &= \frac{15 - 13.5}{15.95} = 0.09 \\
x_C &= 15 \text{ m} & \sin \varphi_C &= \frac{15 - 15}{15.95} = 0 \\
x_5 &= 18,75 \text{ m} & \sin \varphi_5 &= \frac{15 - 18.75}{15.95} = -0.23 \\
x_6 &= 22,5 \text{ m} & \sin \varphi_6 &= \frac{15 - 22.5}{15.95} = -0.47 \\
x_7 &= 26,25 \text{ m} & \sin \varphi_7 &= \frac{15 - 26.25}{15.95} = -0.7 \\
x_B &= 30 \text{ m} & \sin \varphi_B &= \frac{15 - 30}{15.95} = -0.94
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 2. \cos \varphi = \frac{y + R - f}{R} = \frac{y + 15.95 - 10.5}{15.95} = \frac{y + 5.45}{15.95} \\
y_A &= 0 & \cos \varphi_A &= \frac{0 + 5.45}{15.95} = 0.34 \\
y_1 &= 5.45 \text{ m} & \cos \varphi_1 &= \frac{5.45 + 5.45}{15.95} = 0.68 \\
y_2 &= 8,2 \text{ m} & \cos \varphi_2 &= \frac{8.2 + 5.45}{15.95} = 0.85 \\
y_3 &= 9.73 \text{ m} & \cos \varphi_3 &= \frac{9.73 + 5.45}{15.95} = 0.95 \\
y_4 &= 10.42 \text{ m} & \cos \varphi_4 &= \frac{10.42 + 5.45}{15.95} = 0.99 \\
y_C &= 10.5 \text{ m} & \cos \varphi_C &= \frac{10.5 + 5.45}{15.95} = 1 \\
y_5 &= 10.05 \text{ m} & \cos \varphi_5 &= \frac{10.05 + 5.45}{15.95} = 0.97 \\
y_6 &= 8.62 \text{ m} & \cos \varphi_6 &= \frac{8.62 + 5.45}{15.95} = 0.88 \\
y_7 &= 5.85 \text{ m} & \cos \varphi_7 &= \frac{5.85 + 5.45}{15.95} = 0.7 \\
y_B &= 0 & \cos \varphi_B &= \frac{0 + 5.45}{15.95} = 0.34
\end{aligned}$$

**Eguvchi momentni topamiz:**  $M_K = M_K^0 - H \cdot y_K$

$$\begin{aligned}
M_A &= M_A^0 - H \cdot y_A = 0 - 26,46 \cdot 0 = 0 \\
M_1 &= M_1^0 - H \cdot y_1 = 69.1 - 26,46 \cdot 5.45 = -75.11 \text{ kN} \cdot \text{m} \\
M_2 &= M_2^0 - H \cdot y_2 = 138.2 - 26,46 \cdot 8.2 = -78.77 \text{ kN} \cdot \text{m} \\
M_3 &= M_3^0 - H \cdot y_3 = 197.18 - 26,46 \cdot 9.73 = -60.27 \text{ kN} \cdot \text{m} \\
M_4 &= M_4^0 - H \cdot y_4 = 256.16 - 26,46 \cdot 10.42 = -19.55 \text{ kN} \cdot \text{m} \\
M_C &= M_C^0 - H \cdot y_C = 277.87 - 26,46 \cdot 10.5 = 0 \\
M_5 &= M_5^0 - H \cdot y_5 = 292.77 - 26,46 \cdot 10.05 = 26.85 \text{ kN} \cdot \text{m} \\
M_6 &= M_6^0 - H \cdot y_6 = 251.43 - 26,46 \cdot 8.62 = 23.35 \text{ kN} \cdot \text{m} \\
M_7 &= M_7^0 - H \cdot y_7 = 153.84 - 26,46 \cdot 5.85 = -0.95 \text{ kN} \cdot \text{m} \\
M_B &= M_B^0 - H \cdot y_B = 0 - 26,46 \cdot 0 = 0
\end{aligned}$$

**Qirquvchi kuchni topamiz:**  $Q_K = Q_K^0 \cdot \cos \varphi_K - H \cdot \sin \varphi_K$

$$Q_A = Q_A^0 \cdot \cos \varphi_A - H \cdot \sin \varphi_A = 20,475 \cdot 0.34 - 26,46 \cdot 0.94 = -17.9 \text{ kN}$$

$$Q_1 = Q_1^0 \cdot \cos \varphi_1 - H \cdot \sin \varphi_1 = 20,475 \cdot 0.68 - 26,46 \cdot 0.72 = -5.1 \text{ kN}$$

$$Q_2^{chap} = Q_2^0 \cdot \cos \varphi_2 - H \cdot \sin \varphi_2 = 20,475 \cdot 0.85 - 26,46 \cdot 0.51 = -6.1 \text{ kN}$$

$$Q_2^{o'ng} = Q_2^0 \cdot \cos \varphi_2 - H \cdot \sin \varphi_2 = 17,475 \cdot 0.85 - 26,46 \cdot 0.51 = 1.36 \text{ kN}$$

$$Q_3 = Q_3^0 \cdot \cos \varphi_3 - H \cdot \sin \varphi_3 = 17,475 \cdot 0.95 - 26,46 \cdot 0.3 = 8.67 \text{ kN}$$

$$Q_4 = Q_4^0 \cdot \cos \varphi_4 - H \cdot \sin \varphi_4 = 17,475 \cdot 0.99 - 26,46 \cdot 0.09 = 14.9 \text{ kN}$$

$$Q_C = Q_C^0 \cdot \cos \varphi_C - H \cdot \sin \varphi_C = 11.475 \cdot 1 - 26,46 \cdot 0 = 11.475 \text{ kN}$$

$$Q_5 = Q_5^0 \cdot \cos \varphi_5 - H \cdot \sin \varphi_5 = -3.525 \cdot 0.97 - 26,46 \cdot (-0.23) = 2.68 \text{ kN}$$

$$Q_6 = Q_6^0 \cdot \cos \varphi_6 - H \cdot \sin \varphi_6 = -18,525 \cdot 0.88 - 26,46 \cdot (-0.47) = -3.86 \text{ kN}$$

$$Q_7 = Q_7^0 \cdot \cos \varphi_7 - H \cdot \sin \varphi_7 = -33.525 \cdot 0.7 - 26,46 \cdot (-0.7) = -4.93 \text{ kN}$$

$$Q_B = Q_B^0 \cdot \cos \varphi_B - H \cdot \sin \varphi_B = -48.525 \cdot 0.34 - 26,46 \cdot (-0.94) = 8.58 \text{ kN}$$

**Bo'ylama kuchni aniqlaymiz:**  $N_K = Q_K^0 \cdot \sin \varphi_K + H \cdot \cos \varphi_K$

$$N_A = Q_A^0 \cdot \sin \varphi_A + H \cdot \cos \varphi_A = 20,475 \cdot 0.94 + 26,46 \cdot 0.34 = 28.25 \text{ kN}$$

$$N_1 = Q_1^0 \cdot \sin \varphi_1 + H \cdot \cos \varphi_1 = 20,475 \cdot 0.72 + 26,46 \cdot 0.68 = 32.7 \text{ kN}$$

$$N_2^{chap} = Q_2^0 \cdot \sin \varphi_2 + H \cdot \cos \varphi_2 = 20,475 \cdot 0.51 + 26,46 \cdot 0.85 = 32.9 \text{ kN}$$

$$N_2^{o'ng} = Q_2^0 \cdot \sin \varphi_2 + H \cdot \cos \varphi_2 = 17,475 \cdot 0.51 + 26,46 \cdot 0.85 = 31.4 \text{ kN}$$

$$N_3 = Q_3^0 \cdot \sin \varphi_3 + H \cdot \cos \varphi_3 = 17,475 \cdot 0.3 + 26,46 \cdot 0.95 = 30.37 \text{ kN}$$

$$N_4 = Q_4^0 \cdot \sin \varphi_4 + H \cdot \cos \varphi_4 = 17,475 \cdot 0.09 + 26,46 \cdot 0.99 = 27.76 \text{ kN}$$

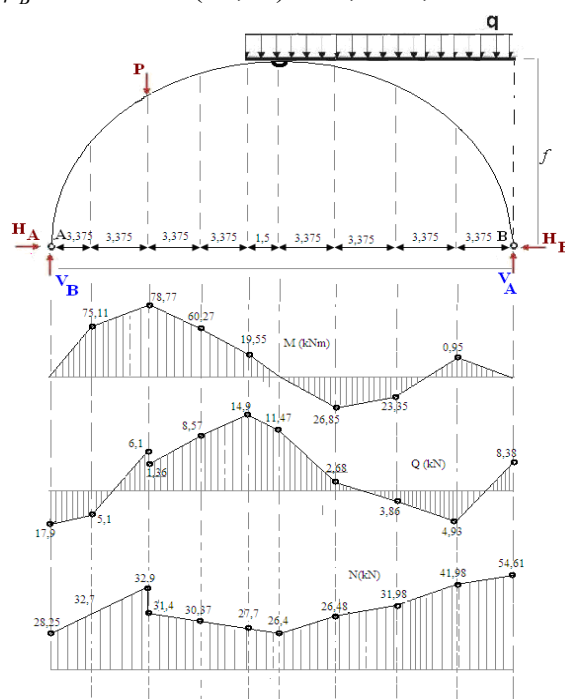
$$N_C = Q_C^0 \cdot \sin \varphi_C + H \cdot \cos \varphi_C = 17,475 \cdot 0 + 26,46 \cdot 1 = 26.46 \text{ kN}$$

$$N_5 = Q_5^0 \cdot \sin \varphi_5 + H \cdot \cos \varphi_5 = -3.525 \cdot (-0.23) + 26,46 \cdot 0.97 = 26.48 \text{ kN}$$

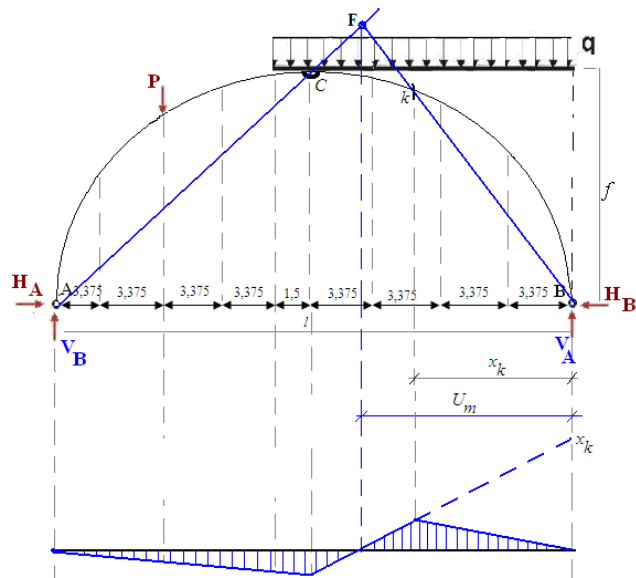
$$N_6 = Q_6^0 \cdot \sin \varphi_6 + H \cdot \cos \varphi_6 = -18,525 \cdot (-0.47) + 26,46 \cdot 0.88 = 31.98 \text{ kN}$$

$$N_7 = Q_7^0 \cdot \sin \varphi_7 + H \cdot \cos \varphi_7 = -33,525 \cdot (-0.7) + 26,46 \cdot 0.7 = 41.98 \text{ kN}$$

$$N_B = Q_B^0 \cdot \sin \varphi_B + H \cdot \cos \varphi_B = -48.525 \cdot (-0.94) + 26,46 \cdot 0.34 = 54.61 \text{ kN}$$



Berilgan  $k_2$  kesim uchn eguvchi moment ta'sir chizig'i quramiz.



$$y_c = \sqrt{15.95 - (15 - 10.5)^2} - 15.95 + 10.5 = 9.85$$

$$x_k = 10.5$$

$$U_m = \frac{2f \cdot x_k \cdot l}{l \cdot y_k + 2x_k - f} = \frac{2 \cdot 10.5 \cdot 10.5 \cdot 30}{30 \cdot 9.85 + 2 \cdot 10.5 \cdot 10.5} = 12.8$$

$$U_m = 12.8$$

$$\frac{10.5}{y_1} = \frac{U_m}{U_m - x_k} \Rightarrow y_1 = \frac{10.5 \cdot x_k}{U_m} = \frac{10.5 \cdot 2.3}{12.8} = 1.88$$

$$1) \omega = \frac{1}{2} \cdot 1.88 \cdot 10.5 = 9.8 m^2 \quad 2) \omega = \frac{1}{2} \cdot 1.88 \cdot 2.3 = 2.1 m^2$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{y}{2.3} = \frac{1.88}{2.3} = 0.82$$

$$\frac{y_2}{2.2} = 0.82 \Rightarrow y_2 = 1.8$$

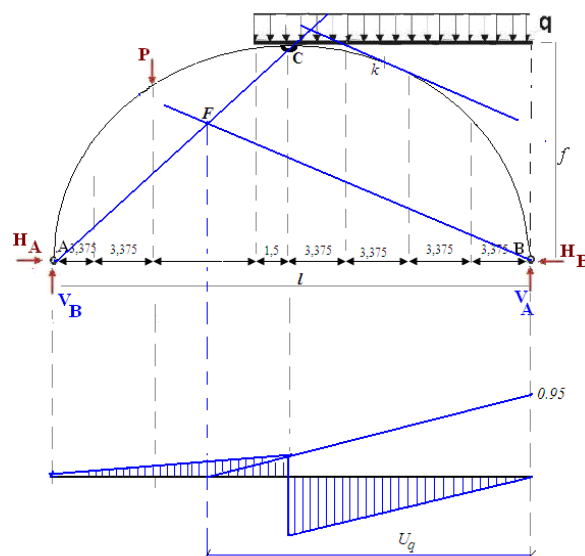
$$3) \omega_3 = \frac{1.8 \cdot 2.2}{2} = 2 m^2$$

$$\frac{y_2}{15} = \frac{y_3}{13.5} \Rightarrow y_3 = \frac{1.8 \cdot 13.5}{15} = 1.62$$

$$4) \omega_4 = \frac{y_3 + y_4}{2} \cdot h = \frac{1.62 + 1.8}{2} \cdot 1.5 = 2.58 \quad \frac{y_2}{15} = \frac{y}{6.75} \Rightarrow y = \frac{1.8 \cdot 6.75}{15} = 0.81$$

$$S = P \cdot y + q \cdot \omega = -3 \cdot 0.81 + 4(2.1 - 2 - 2.58) = -2.43 + 29.28 = 26.75$$

Berilgan  $k_2$  kesim uchun qirquvchi kuch ta'sir chizig'ini quramiz.



$$\frac{0,95}{21,2} = \frac{y_1}{10,7} \Rightarrow$$

$$y_1 = \frac{0,95 \cdot 10,7}{21,2} = 0,48 \text{ m}$$

$$\frac{0,48}{10,7} = \frac{y_2}{4,7} \Rightarrow$$

$$y_2 = \frac{0,48 \cdot 4,7}{10,7} = 0,2 \text{ m}$$

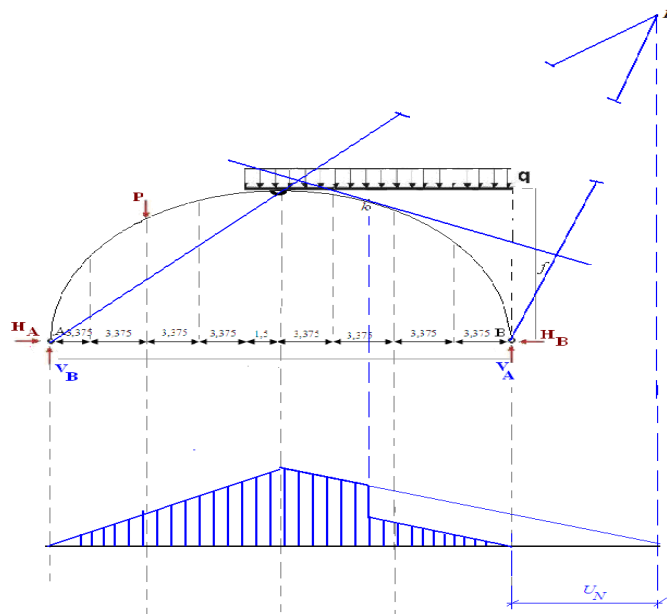
$$1) \omega_1 = \frac{0,28 \cdot 6}{2} = 0,84 \text{ m}^2$$

$$2) \omega_2 = 0,2 \cdot 6 = 1,2 \text{ m}^2$$

$$3) \omega_3 = \frac{10,5 \cdot 0,47}{2} = 2,46 \text{ m}^2$$

$$Q = 4 \cdot (+0,84 + 1,2 - 2,46) = -1,68$$

Berilgan  $k_2$  kesim uchun bo'ylama kuch ta'sir chizig'ini quramiz.



$$U_N = \frac{2f \cdot l}{l \operatorname{ctg} \varphi_2 - 2f} = \frac{2 \cdot 10,5 \cdot 30}{30 \cdot 3,3 - 2 \cdot 10,5} = 8,1 \quad \operatorname{ctg} \varphi_k = \frac{\operatorname{ctg} \varphi_k}{\sin \varphi_k} = \frac{0,95}{0,28} = 3,3$$

$$\frac{y_1}{\sin \varphi_k} = \frac{10,5 + U_N}{U_N}$$

$$y_1 = \frac{0,28(10,5 + 8,1)}{8,1} = 0,64$$

$$1) \omega_1 = \frac{1}{2} \cdot 10,5 \cdot 0,36 = 1,89$$

$$2) \omega_2 = \frac{y_1 + y_2}{2} \cdot h = \frac{0,64 + 0,8}{2} \cdot 4,5 = 3,24$$

$$3) \omega_3 = \frac{1}{2} \cdot y_z \cdot 15 = \frac{1}{2} \cdot 0,8 \cdot 15 = 6$$

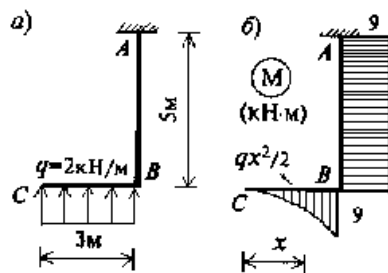
$$\frac{y_2}{y} = \frac{15}{6,75} \Rightarrow$$

$$y = \frac{0,8 \cdot 6,75}{15} = 0,36$$

$$S = P \cdot 0,36 + 4(-1,89 + 3,84 + 6) = 1,08 + 29,4 = 30,48$$

**Mavzu: Statik aniq oddiy balkalardagi ko'chishlarni aniqlash. Statik aniq ramalarda ko'chishlarni aniqlash**

Tashqi kuchlar ta'sirida inshoot elementlari deformatsiyalanadi, bning natijasida inshootning turli nuqtalari ko'chadi. Tuzilmalarni bkirlik va ustuvorlikka tekshirish uchun, statik noaniq sistemalarni hisoblashda hamda nazariy hisoblar natijalarini va sinov qiymatlarini solishtirish uchun ko'chishlarni aniqlash talab qilinadi.



3.1.10-рasm

**3.1- misol.** 3.1.10, a- rasmda tasvirlangan siniq o'qli konsol balka deformatsiyasining potentsial energiyasi hisoblansin.  
3.1.10, b- rasmda eguvchi momentlar epyurasi keltirilgan.

Misolda, sterjenning egilishdagi bikirligi berilmaganligi sababli, uni  $EJ$  ga teng va doimiy deb hisoblaymiz.

Birgina eguvchi momentlarga tegishli bo'lgan hadni hisobga olib, ichki kuchlar ishlari orqali potentsial energiyani hisoblaymiz [(3.12) formulaga qarang]:

$$U = \sum \int \frac{M^2 dx}{2EJ}.$$

$SV$  bo'lagida egri chiziqli  $M$  epyurasini o'zini-o'ziga qo'paytirish mumkin emas,  $VA$  bo'lagida esa – mumkin. SHuning uchun,  $S$  nuqtasiga koordinatalar boshini joylashtirib va  $X$  o'qini o'ng tomonga yo'naltirib, analitik shaklda bevosita integrallashni bajaramiz:

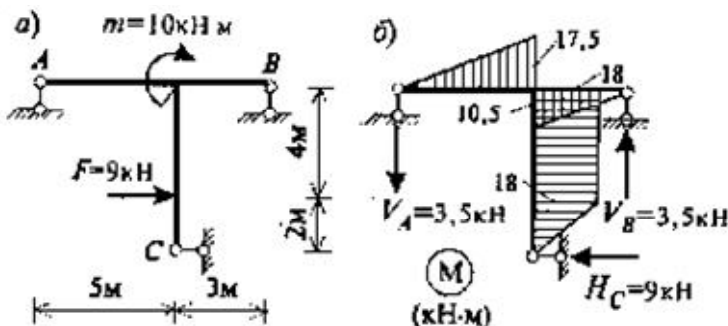
$$\begin{aligned} U &= \int_0^3 \frac{(qx^2/2)^2 dx}{2EJ} + \int_0^5 \frac{9^2 dx}{2EJ} = \frac{q^2}{8EJ} \int_0^3 x^4 dx + \frac{81}{2EJ} \int_0^5 dx = \\ &= \frac{2^2}{8EJ} \cdot \frac{x^5}{5} \Big|_0^3 + \frac{81}{2EJ} x \Big|_0^5 = \frac{243}{10EJ} + \frac{405}{2EJ} = \frac{226,8}{EJ} \quad (\kappa\mathcal{Дж}) \end{aligned}$$

Tabiiyki, ikkinchi integralni Vereshchagin qoidasi bo'yicha hisoblash osonroq bo'lardi, buni keyingi hisoblarda bajaramiz.

Javob:  $U = 226,8/EJ$  ( $\kappa\mathcal{Дж}$ )

**3.2- misol.** Oddiy rama potentsial energiyasi hisoblansin (3.1.11, a- rasm).

Sterjenlarning bikirliklari berilmaganligi sababli, ularni  $EJ$  ga teng va doimiy deb hisoblaymiz. Momentlar epyurasi 3.1.11, b-rasmda ko'rsatilgan.



3.1.11- rasm

Potentsial energiyani (3.12) formula bo'yicha, ichki kuchlarning ishlari orqali Vereshchagin qoidasidan foydalanib, hisoblaymiz:

$$\begin{aligned} U &= \sum \int \frac{M^2 dx}{2EJ} = \frac{1}{2EJ} \left( \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 17,5 \cdot \frac{2}{3} \cdot 17,5 + \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 10,5 \cdot \frac{2}{3} \cdot 10,5 + 4 \cdot 18 \cdot 18 + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 18 \cdot \frac{2}{3} \cdot 18 \right) = \frac{1066,333}{EJ} \quad (\kappa\mathcal{Дж}). \end{aligned}$$

Javob:  $U = 1066,333/EJ$  ( $\kappa\mathcal{Дж}$ ).

**3.3- misol.** 3.1.12- rasmda ko'rsatilgan quyma temir beton rama uchun, barcha ichki zo'riqishlarni ta'sirini hisobga olib va har birini qo'shgan hissasini baholab, potentsial energiyasi hisoblansin.



Bunda,  $Y_e = 3 \cdot 10^7$  kPa,  $G = 0,43E = 1,29 \cdot 10^7$  kPa,  $A = \nu h = 0,4 \cdot 0,6 = 0,24$  (m<sup>2</sup>),  $\mu = 1,2$  (to'g'ri to'rt burchakli kesim uchun).

Barcha sterjenlar kesimlari doimiy deb hisoblanadi.

$$J = bh^3/12 = 0,4 \cdot 0,6^3/12 = 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ (m}^4\text{)};$$

$$EJ = 3 \cdot 10^7 \cdot 7,2 \cdot 10^{-3} = 2,16 \cdot 10^5 \text{ kH} \cdot \text{m}^2;$$

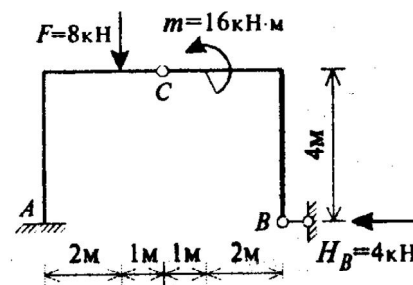
$$GA = 1,29 \cdot 10^7 \cdot 0,24 = 30,96 \cdot 10^5 \text{ kH};$$

$$EA = 3 \cdot 10^7 \cdot 0,24 = 72 \cdot 10^5 \text{ kH}.$$

Berilgan yuklardan  $M$ ,  $Q$ ,  $N$  epyuralari 3.1.13, a...v-rasmlarda keltirilgan.

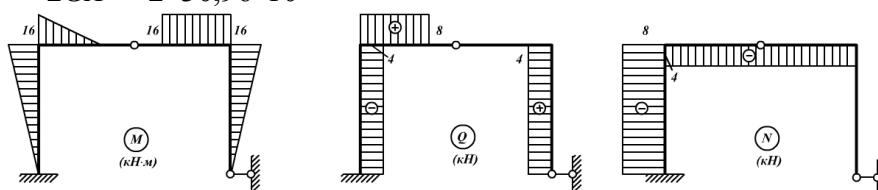
Egilish deformatsiyasidan potentsial energiyaning hissasi:

Siljish deformatsiyasidan potentsial energiyaning xissani:



3.1.12- rasm

$$U_Q = \Sigma \int \mu \frac{Q^2 dx}{2GA} = \frac{1,2}{2 \cdot 30,96 \cdot 10^5} (4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 2 + 8 \cdot 2 \cdot 8) = 4,96 \cdot 10^{-5} \text{ kJ} = 0,0244 \text{ (kJ)}$$



3.1.13- rasm

Sistemaning to'liq potentsial energiyasi:

$$U = U_m + U_q + U_N = 3,1605 + 0,0496 + 0,0244 = 3,2345 \text{ (kJ)}$$

$$\text{Egilish deformatsiyasi hisobiga: } \frac{3,1605}{3,2345} \cdot 100\% = 97,71\%,$$

$$\text{Siljish deformatsiyasi hisobiga: } \frac{0,0496}{3,2345} \cdot 100\% = 1,53\%,$$

$$\text{Bo'ylama deformatsiyasi hisobiga: } \frac{0,0244}{3,2345} \cdot 100\% = 0,76\%$$

$$\text{Jami: } U = 100\%.$$

**Mavzu: Statik noaniq ramalarni kuchlar usulida hisoblash. Kuchlar usulining asosiy sistemasini tanlash. Kuchlar usulining asosiy sistemasini tanlash va kanonik tenglamalarini yozish. Ramaning birlik va tashqi kuchlar ta'sirida eguvchi moment epyurasini qurish.**

**Kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod xadlarini aniqlash. Kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlarini tekshirish. Natijaviy eguvchi moment, ko'ndalang va bo'ylama kuchlarni aniqlash.**

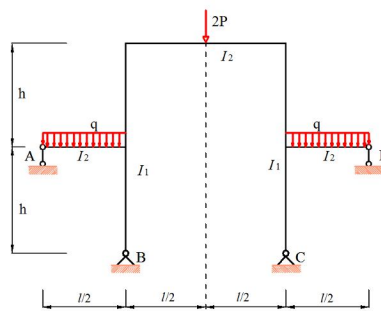
Berilgan statik aniqmas rama uchun quyidagilarni aniqlash talab eitadi:

- ramaning statik aniqmaslik darajasini aniqlash;
- kuchlar usuli asosiy sistemasini tanlash;
- kanonik tenglamalar sistemasini tuzish;
- birlik va tashqi yuk eguvchi moment epyuralarini qurish;
- kanonik tenglamalar koeffitsient ( $\delta_{ii}, \delta_{ij}$ ) va ozod hadlari ( $\Delta_{ip}$ )ni aniqlash;
- kanonik tenglamalar koeffitsient ( $\delta_{ii}, \delta_{ij}$ ) va ozod hadlar ( $\Delta_{ip}$ ) to'g'riligini tekshirish;
- kanonik tenglamalar sistemasini yechib, noma'lum zo'riqishlar ( $X_1, X_2, X_3$ ) miqdorini aniqlash;

- tuzatilgan ( $M_i X_i$ ) va yakuniy eguvchi moment epyuralarini qurish;
- deformatsion tekshirishni amalga oshirish;
- yakuniy kesuvchi kuch va bo'ylama kuch epyuralarini qurish;
- umumiy statik tekshirishni amalga oshirish.

Ramani kuchlar usulida hisoblashni quyidagi ramani misolida ko'rib chiqaylik.

Berilgan:  $P=3 \text{ kN}$ ;  $q=4 \text{ kN/m}$ ;  $l=9 \text{ m}$ ;  $h=5 \text{ m}$ ;  $I_2/I_1=2$ ;  $I_2=2I$ ,  $I_1=I$



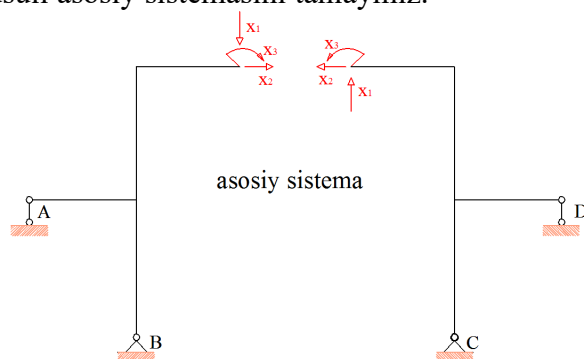
Yechish tartibi:

1. Berilgan ramani statik aniqlash darajasini hisoblaymiz.

$$S_A = S_t + 2Sh - 3D = 2 \cdot 0 + 6 - 3 \cdot 1 = 3$$

demak rama uch marotaba statik aniqlash, ya'ni uchta ortiqcha bog'lanish ega.

2. Ramani uchta ortiqcha bog'lanishini noma'lum zo'riqlar  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  bilan belgilab, kuchlar usuli asosiy sistemasini tanlaymiz.



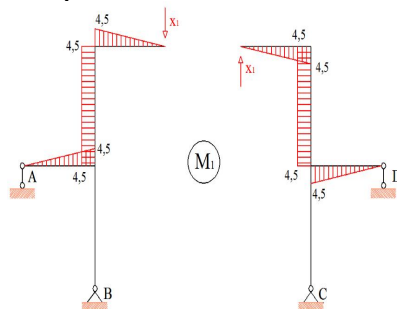
3. Kuchlar usuli kanonik tenglamalar sistemasini yozamiz:

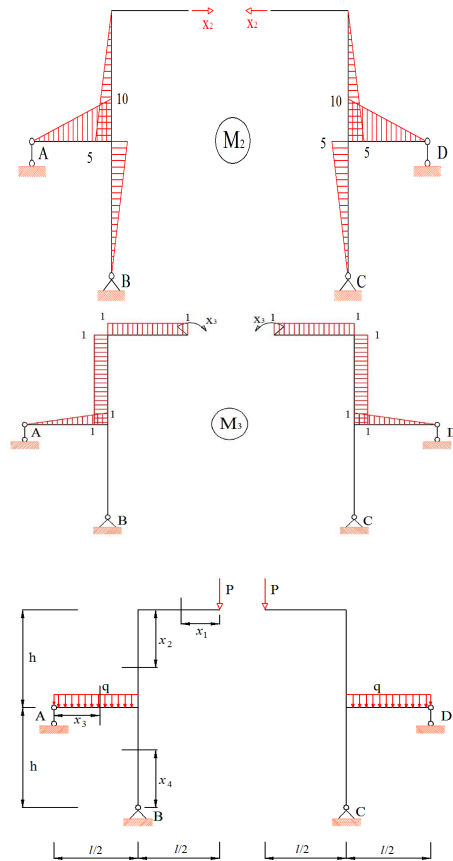
$$\delta_{11} X_1 + \delta_{12} X_2 + \delta_{13} X_3 + \Delta_{1P} = 0$$

$$\delta_{21} X_1 + \delta_{22} X_2 + \delta_{23} X_3 + \Delta_{2P} = 0$$

$$\delta_{31} X_1 + \delta_{32} X_2 + \delta_{33} X_3 + \Delta_{3P} = 0$$

4. Kanonik tenglama koeffitsientlarini va ozod hadlarini aniqlash uchun har bir no'malum kuchdan alohida-alohida  $X_1=1$ ,  $X_2=1$ , va  $X_3=1$  kuchlaridan birlik va tashqi yukdan  $M_P$  eguvchi moment epyuralarini qurish





I-I kesim uchun

$$0 \leq x_1 \leq \frac{l}{2} = 4,5m$$

$$M_{x_1} = P \cdot x_1$$

$$x_1 = 0 \quad \text{da} \quad M_{x_1} = 0$$

$$x_1 = 4,5m \quad \text{da} \quad M_{x_1} = 3 \cdot 4,5 = 13,5kN \cdot m$$

II-II kesim uchun

$$0 \leq x_2 \leq h = 5m$$

$$M_{x_2} = P \cdot \frac{l}{2}$$

$$x_2 = 0 \quad \text{da} \quad M_{x_2} = 3 \cdot 4,5 = 13,5kN \cdot m$$

$$x_2 = 5m \quad \text{da} \quad M_{x_2} = 3 \cdot 4,5 = 13,5kN \cdot m$$

III-III kesim uchun

$$0 \leq x_3 \leq \frac{l}{2} = 4,5m$$

$$M_{x_3} = V_A \cdot x_3 - \frac{q \cdot x_3^2}{2}$$

$V_A$  ni topish uchun B nuqtaga nisbatan moment olamiz.

$$\sum M_B = 0, \quad P \cdot \frac{l}{2} - \frac{q \cdot l^2}{8} + V_A \cdot \frac{l}{2} = 0,$$

$$\text{Bundan} \quad P - \frac{q \cdot l}{4} + V_A = 0$$

$$V_A = \frac{q \cdot l}{4} - P = \frac{4 \cdot 9}{4} - 3 = 6kN$$

$$x_3 = 0 \quad \text{da} \quad M_{x_3} = 0$$

$$x_3 = 2,25m \quad \text{da} \quad M_{x_3} = 6 \cdot 2,25 - \frac{4 \cdot 2,25^2}{2} = 3,375kN \cdot m$$

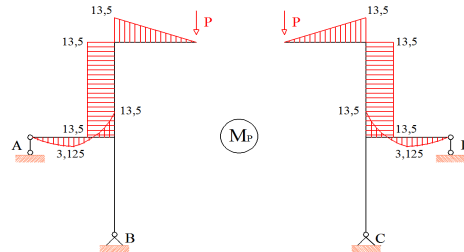
$$x_3 = 4,5m \quad \text{da} \quad M_{x_3} = 6 \cdot 4,5 - \frac{4 \cdot 4,5^2}{2} = -13,5kN \cdot m$$

IV-IV kesim uchun

$$0 \leq x_4 \leq h = 5m$$

$$x_4 = 0 \quad \text{da} \quad M_{x_4} = 0$$

$$x_4 = 5m \quad \text{da} \quad M_{x_4} = 0$$



1. Koeffitsient va ozod hadlarni aniqlash. Bu epyuralardan foydalanib, tenglamadagi birlik ko'chishlar va ozod hadlarni Vereshchagin usulida aniqlaymiz.

$$\delta_{11} = \sum \int \frac{\bar{M}_1 \cdot \bar{M}_1}{EI} dx = \frac{4,5 \cdot 4,5}{2 \cdot 2EI} \cdot \frac{2}{3} \cdot 4,5 \cdot 2 + \frac{4,5 \cdot 5 \cdot 4,5 \cdot 2}{EI} + \frac{4,5 \cdot 4,5}{2 \cdot 2EI} \cdot \frac{2}{3} \cdot 4,5 \cdot 2 = \frac{263,25}{EI}$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \sum \int \frac{\bar{M}_1 \cdot \bar{M}_2}{EI} dx = 0$$

$$\delta_{22} = \sum \int \frac{\bar{M}_2 \cdot \bar{M}_2}{EI} dx = \frac{5 \cdot 5}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 5 \cdot 2 \cdot \frac{1}{EI} + \frac{10 \cdot 4,5}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 10 \cdot 2 \cdot \frac{1}{2EI} + \frac{5 \cdot 5}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 5 \cdot 2 \cdot \frac{1}{EI} = \frac{316,67}{EI}$$

$$\delta_{13} = \delta_{31} = \sum \int \frac{\bar{M}_1 \cdot \bar{M}_3}{EI} dx = 0$$

$$\delta_{23} = \delta_{32} = \sum \int \frac{\bar{M}_2 \cdot \bar{M}_3}{EI} dx = \frac{5 \cdot 5}{2} \cdot 1 \cdot 2 \cdot \frac{1}{EI} + \frac{10 \cdot 4,5}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 \cdot 2 \cdot \frac{1}{2EI} = \frac{40}{EI}$$

$$\delta_{33} = \sum \int \frac{\bar{M}_3 \cdot \bar{M}_3}{EI} dx = \frac{1 \cdot 4,5 \cdot 1}{2EI} \cdot 2 + \frac{1 \cdot 5 \cdot 1}{EI} \cdot 2 + \frac{1 \cdot 4,5}{4EI} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 \cdot 2 = \frac{16}{EI}$$

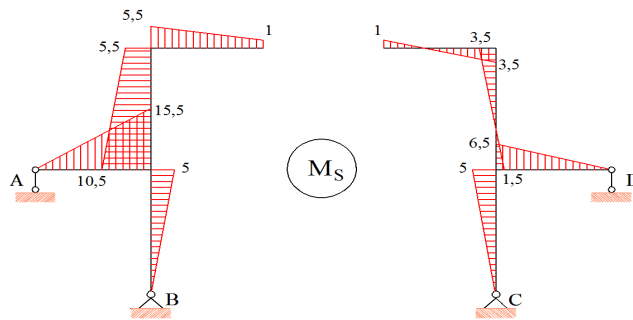
$$\Delta_{1P} = \sum \int \frac{M_P \cdot \bar{M}_1}{EI} dx = 0$$

$$\Delta_{2P} = \sum \int \frac{M_P \cdot \bar{M}_2}{EI} dx = 2 \cdot \left( \frac{13,5 \cdot 5}{EI} \cdot 2,5 + \frac{4,5}{6} \cdot \left( \frac{13,5 \cdot 10 - 4 \cdot 3,375 \cdot 5}{2EI} \right) \right) = \frac{388,125}{EI}$$

$$\Delta_{3P} = \sum \int \frac{M_P \cdot \bar{M}_3}{EI} dx = \frac{13,5 \cdot 4,5}{2} \cdot 1 \cdot 2 \cdot \frac{1}{2EI} + \frac{13,5 \cdot 5}{EI} \cdot 1 \cdot 2 + \frac{4,5}{6} \left( \frac{13,5 \cdot 1 - 4 \cdot 3,375 \cdot 0,5}{2EI} \right) \cdot 2 = \frac{170,4375}{EI}$$

1. Koeffitsient va ozod hadlarning to'g'riligini tekshiramiz. Yig'indi birlik epyurasini quramiz

$$\bar{M}_s = \bar{M}_1 + \bar{M}_2 + \bar{M}_3$$



a) universal tekshirish o'tkazamiz.

$$\delta_{ss} = \sum \int \frac{M_s^2}{EI} dx = \frac{4,5}{6} \left( \frac{5,5^2 + 4 \cdot 3,25^2 + 1}{2EI} \right) + \frac{5}{6} \left( \frac{5,5^2 + 4 \cdot 8^2 + 10,5^2}{EI} \right) + \frac{15,5 \cdot 4,5}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 15,5 \cdot \frac{1}{2EI} +$$

$$+ \frac{5 \cdot 5}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 5 \cdot \frac{1}{EI} + \frac{4,5}{6} \left( \frac{1^2 + 4 \cdot 1,25^2 + 3,5^2}{2EI} \right) + \frac{5}{6} \left( \frac{3,5^2 + 4 \cdot 1^2 + 1,5^2}{EI} \right) + \frac{6,5 \cdot 4,5}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 6,5 \cdot \frac{1}{2EI} +$$

$$+ \frac{5 \cdot 5}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 5 \cdot \frac{1}{EI} = \frac{675,924}{EI}$$

$$\delta_{11} + \delta_{12} + \delta_{21} + \delta_{13} + \delta_{31} + \delta_{22} + \delta_{23} + \delta_{32} + \delta_{33} = \frac{263,25}{EI} + 0 + 0 + 0 + 0 +$$

$$+ \frac{316,67}{EI} + \frac{40}{EI} + \frac{40}{EI} + \frac{16}{EI} = \frac{675,924}{EI}$$

Demak, kanonik tenglama koefitsentlari to'g'ri topilgan.

$$\delta_{ss} = \sum \delta_{ij}$$

$$\Delta_{ps} = \sum \int \frac{M_p \cdot M_s}{EI} dx = \frac{4,5}{6} \left( \frac{13,5 \cdot 5,5 + 4 \cdot 6,75 \cdot 3,25}{2EI} \right) + \frac{5}{6} \left( \frac{13,5 \cdot 5,5 + 4 \cdot 13,5 \cdot 8 + 13,5 \cdot 10,5}{EI} \right) +$$

$$+ \frac{4,5}{6} \left( \frac{13,5 \cdot 15,5 - 4 \cdot 7,75 \cdot 3,375}{2EI} \right) + \frac{4,5}{6} \left( \frac{-13,5 \cdot 3,5 - 4 \cdot 6,75 \cdot 1,25}{2EI} \right) + \frac{5}{6} \left( \frac{-13,5 \cdot 3,5 - 4 \cdot 13,5 \cdot 1}{EI} \right) +$$

$$+ \frac{4,5}{6} \left( \frac{13,5 \cdot 6,5 - 4 \cdot 3,25 \cdot 3,375}{2EI} \right) = \frac{558,562}{EI}$$

b) ustun tekshirish o'tkazamiz.

$$\Delta_{1P} + \Delta_{2P} + \Delta_{3P} = 0 + \frac{388,125}{EI} + \frac{170,4375}{EI} = \frac{558,5625}{EI}$$

Demak, ko'chishlar to'g'ri hisoblangan.

1. Topilgan kanonik tenglama koefitsentlari va ozod hadlarini kanonik tenglamaga qo'yib, tenglamani echib, noma'lum zo'riqlashlarni aniqlaymiz.

$$\begin{cases} 263,25 \cdot X_1 = 0 \\ 316,67 X_2 + 40 X_3 + 388,125 = 0 \\ 40 X_2 + 16 X_3 + 170,4375 = 0 \end{cases}$$

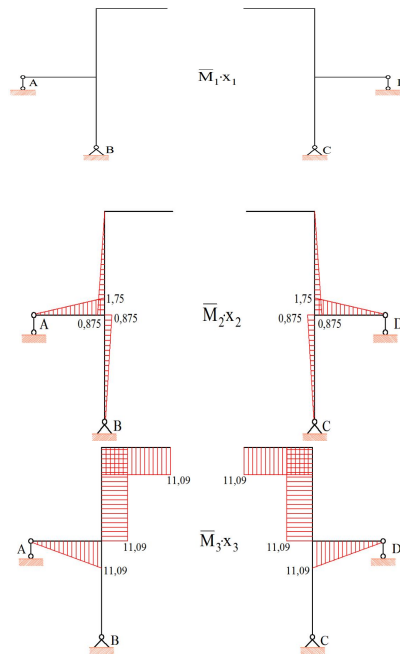
$$X_1 = 0$$

$$X_2 = 0,175 \text{ kN}$$

$$X_3 = -11,09 \text{ kN}$$

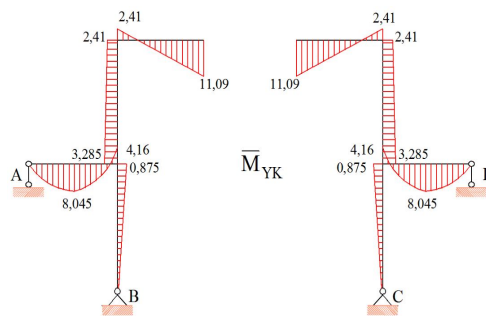
2. Yakuniy eguvchi moment epyurasini  $M_x = M_1 X_1 + M_2 X_2 + M_3 X_3$  formulasi yordamida quramiz.

Tuzatilgan eguvchi moment epyuralari:



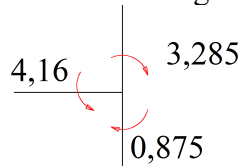
Yakuniy eguvchi moment epyurasini quramiz

$$M_{YK} = \overline{M}_1 \cdot X_1 + \overline{M}_2 \cdot X_2 + \overline{M}_3 \cdot X_3 + M_P$$



1. Yakuniy eguvchi moment epyurasini tekshiramiz.

a) Statik tekshirish. Bu tekshirishda ramani biror tugunini qirqib muvozanat shartini qaraymiz.



$$\sum M = 0 \quad \sum M = -4,16 + 3,285 + 0,875 = 0$$

6) Deformatsion tekshirish

$$\begin{aligned} \sum \int \frac{M_{YK} \cdot \overline{M}_s}{EI} dx &= \frac{4,5}{6 \cdot 2EI} (-11,09 \cdot 4,16 - 4 \cdot 4,34 \cdot 3,25 + 2,41 \cdot 5,5) + \\ &+ \frac{5}{6 \cdot EI} (2,41 \cdot 5,5 + 4 \cdot 8 \cdot 2,8475 + 10,5 \cdot 3,285) + \frac{4,5}{6 \cdot 2EI} (15,5 \cdot 4,16 - 4 \cdot 8,045 \cdot 7,75) + \\ &+ \frac{5}{6EI} (5 \cdot 0,875 + 4 \cdot 2,5 \cdot 0,4375) + \frac{4,5}{6 \cdot 2EI} (-1 \cdot 11,09 + 4 \cdot 1,25 \cdot 4,34 - 3,5 \cdot 2,41) + \\ &+ \frac{5}{6EI} (-3,5 \cdot 2,41 - 4 \cdot 3,25 \cdot 1 + 1,5 \cdot 3,285) + \frac{4,5}{6 \cdot 2EI} (6,5 \cdot 4,16 - 4 \cdot 3,25 \cdot 8,045) + \\ &+ \frac{5}{6EI} (5 \cdot 0,875 - 4 \cdot 2,5 \cdot 0,4375) = \\ &- \frac{12,028}{EI} + \frac{116,723}{EI} - \frac{69,343}{EI} + \frac{7,2917}{EI} + \frac{0,8156}{EI} - \frac{13,756}{EI} - \frac{29,079}{EI} = 0 \end{aligned}$$

1. Rama sterjenlaridagi kesuvchi kuch miqdorlarini aniqlash va epyurasini qurish

$$Q_{13} = \frac{ql}{2} + \frac{M_{o'ng} - M_{chap}}{l} = \frac{4 \cdot 4,5}{2} + \frac{-4,16 - 0}{4,5} = 8,075 kN$$

$$Q_{31} = -\frac{ql}{2} + \frac{M_{o'ng} - M_{chap}}{l} = \frac{-4 \cdot 4,5}{2} + \frac{-4,16 - 0}{4,5} = -9,925 kN$$

$$Q_{23} = \frac{M_{o'ng} - M_{chap}}{l} = \frac{0,875 - 0}{5} = 0,175 kN$$

$$Q_{34} = \frac{M_{o'ng} - M_{chap}}{l} = \frac{-2,41 - (-3,285)}{5} = 0,175 kN$$

$$Q_{45} = \frac{M_{o'ng} - M_{chap}}{l} = \frac{11,09 - (-2,41)}{4,5} = 3 kN$$

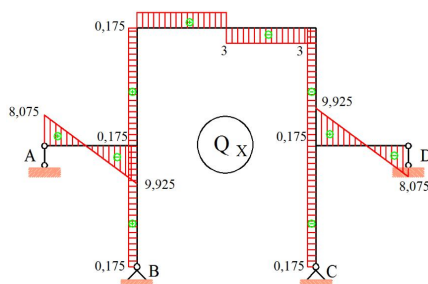
$$Q_{56} = \frac{M_{o'ng} - M_{chap}}{l} = \frac{-2,41 - (-11,09)}{4,5} = -3 kN$$

$$Q_{67} = \frac{M_{o'ng} - M_{chap}}{l} = \frac{-3,285 - (-2,41)}{5} = -0,175 kN$$

$$Q_{78} = \frac{M_{o'ng} - M_{chap}}{l} = \frac{-0,875 - 0}{5} = -0,175 kN$$

$$Q_{89} = \frac{ql}{2} + \frac{M_{o'ng} - M_{chap}}{l} = \frac{4 \cdot 4,5}{2} + \frac{0 - (-4,16)}{4,5} = 9,925 kN$$

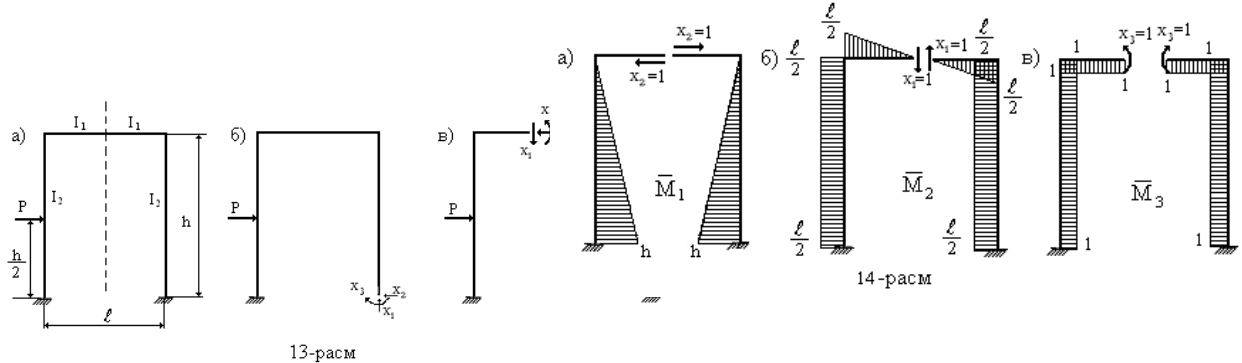
$$Q_{98} = -\frac{ql}{2} + \frac{M_{o'ng} - M_{chap}}{l} = \frac{-4 \cdot 4,5}{2} + \frac{0 - (-4,16)}{4,5} = -8,075 kN$$



**Mavzu: Simmetrik ramalarni kuchlar usulida hisoblash. Sistemalarning simmetrikligidan foydalanish. Simmetrik ramalarni kuchlar usulida hisoblash. Tashqi yuklarni simmetrik va teskari simmetrik yuklarga ajratish. No'malumlarini guruhlash usuli**

Simmetrik ramalar faqat geometrik shakliga ko'ra emas, balki tayanchlari va bikirliklari bo'yicha ham simmetrik bo'lishi lozim. SHunda ularning simmetrikligidan foydalanib ba'zi soddalashtirishlarga erishish mumkin. 7.13-13-rasm, a-da simmetrik statik aniqmas rama tasvirlangan. Rama bitta vertikal simmetriya o'qiga ega. Ramaning chap va o'ng tayanchlari bir xil. Ramaning har ikkala ustuni, shuningdek rigelning chap va o'ng qismlari bir xil inertsiya momentiga ega, bu har ikkala ustun bir xil bikirlikka o'zaro teng demakdir.

Agar ramaning asosiy sistemasini 13-rasm, b-da ko'rsatilgandek olsak, hisob jarayonida hech qanday soddalashuvga erishmaymiz, uch noma'lumli uchta kanonik tenglamalar sistemasi o'zgarishsiz qolaveradi:



$$\begin{aligned}\delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \delta_{13}X_3 + \Delta_{1P} &= 0; \\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \delta_{23}X_3 + \Delta_{2P} &= 0; \\ \delta_{31}X_1 + \delta_{32}X_2 + \delta_{33}X_3 + \Delta_{3P} &= 0;\end{aligned}\quad (1)$$

Agar ramaning asosiy sistemasini 7.13-rasm, v-dagi ko'rinishda olsak, kanonik tenglamalar sistemasi ancha ixchamlashadi. Ramaning asosiy sistemasini hosil qilishda uni simmetriya o'qi o'tgan kesimdan qirqdik. Bu asosiy sistemaning birlik epyuralarini qursak, simmetrik ( $M_1, M_3$ ) va teskari simmetrik ( $M_2$ ) epyuralar hosil bo'ladi. (7.14-rasm).

To'g'ri va teskari simmetrik epyuralarning ko'paytmasi nolga teng bo'ladi. Bu qoida kanonik tenglama koeffitsientlarini aniqlashda juda qo'l keladi. CHunonchi,  $\delta_{12}$  koeffitsientini aniqlashda  $M_1$  va  $M_2$  epyuralar Vereshchagin formulasi bo'yicha o'zaro ko'paytirilishi kerak. Biroq epyuralarning biri simmetrik, ikkinchisi teskari simmetrik bo'lgani uchun ko'paytma nol chiqishini oldindan bilamiz. SHunday qilib,  $\delta_{12} = \delta_{21} = 0$ .  $\bar{M}_2$  va  $\bar{M}_3$  epyuralarining ko'paytmasidan  $\delta_{23} = \delta_{32} = 0$  kelib chiqadi.

Buning oqibatida kanonik tenglamalar sistemasi quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\begin{aligned}\delta_{11}X_1 + \delta_{13}X_3 + \Delta_{1P} &= 0; \\ \delta_{22}X_2 + \Delta_{2P} &= 0; \\ \delta_{31}X_1 + \delta_{33}X_3 + \Delta_{3P} &= 0;\end{aligned}$$

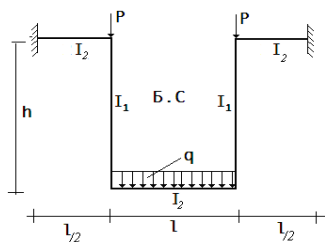
ya'ni yaxlit tenglamalar sistemasi (1) ikkita mustaqil tenglamalar sistemasiga ajralib ketdi: bulardan biri

$$\begin{aligned}\delta_{11}X_1 + \delta_{13}X_3 + \Delta_{1P} &= 0; \\ \delta_{31}X_1 + \delta_{33}X_3 + \Delta_{3P} &= 0;\end{aligned}\quad (2)$$

ikkinchisi  $\delta_{22}X_2 + \Delta_{2P} = 0$ ;

SHunday qilib, asosiy sistema tanlash jarayonida ramaning simmetriklik xususiyatlaridan foydalanib, uch noma'lumli yaxlit tenglamalar sistemasini ikkita mustaqil tenglamalar sistemasiga ajratdik, bularning biri ikki noma'lumli ikkita tenglama, ikkinchisi bir noma'lumli bitta tenglama. Natijada hisob ishlarini ancha qisqartirish imkoniyatiga ega bo'ldik.

**Bunda**  $P = 2.5$   $h = 7m$   $l = 5m$   $q = 1$   $kn/m$



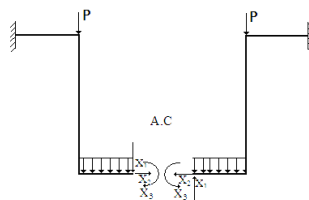
Yechish: 1). Berilgan ramani statik aniqmaslik darajasini aniqlaymiz:

$$n = C_T + 2III - 3II = 6 + 2 \cdot 0 - 3 \cdot 1 = 3$$

Rama 3 marta statik aniqmas.

2). Asosiy sistemani tanlaymiz:



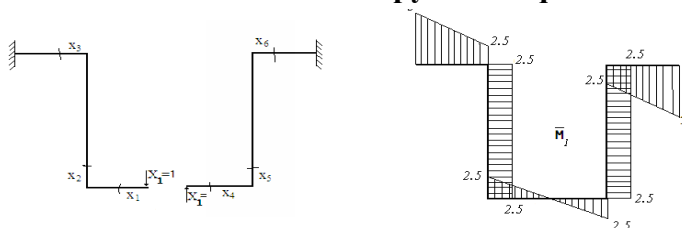


3). Berilgan sistema bilan asosiy sistema orasidagi farqni yo`qotish uchun kanonik tenglama tuzamiz:

$$\begin{aligned}\delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \delta_{13}X_3 + \Delta_{1P} &= 0 \\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \delta_{23}X_3 + \Delta_{2P} &= 0 \\ \delta_{31}X_1 + \delta_{32}X_2 + \delta_{33}X_3 + \Delta_{3P} &= 0\end{aligned}\quad (1)$$

Kanonik tenglamani koeffitsientini aniqlaymiz. Buning uchun birlik eguvchi moment epyurasini hamda tashqi kuchlar ta'sirida eguvchi moment epyurasini quramiz. Rama qistirib mahkamlanganligi uchun tayanch reaksiya kuchlarini aniqlash shart emas. Ramani erkin uchidan boshlab uchastkalarga ajratib eguvchi moment epyurasini quramiz.

$X_1 = 1$  kuch ta'sirida birlik kuch moment epyurasini quramiz



1-uchastkada  $0 \leq x_1 \leq 2.5$   $M_{X_1} = X_1 \cdot x_1$

$x_1 = 0$   $M_{X_1} = 1 \cdot 0 = 0$

$x_1 = 2.5$   $M_{X_1} = 1 \cdot 2.5 = 2.5$

2-uchastkada  $0 \leq x_2 \leq h$   $M_{X_2} = 1 \cdot 2.5 = 2.5$

3-uchastkada  $0 \leq x_3 \leq 2.5$   $M_{X_3} = X_1 \cdot (2.5 + x_3)$

$x_3 = 0$   $M_{X_3} = 1 \cdot 2.5 = 2.5$

$x_3 = 2.5$   $M_{X_3} = 1 \cdot 5 = 5$

4-uchastkada  $0 \leq x_4 \leq 2.5$   $M_{X_4} = X_1 \cdot x_4$

$x_4 = 0$   $M_{X_4} = 1 \cdot 0 = 0$

$x_4 = 2.5$   $M_{X_4} = 1 \cdot 2.5 = 2.5$

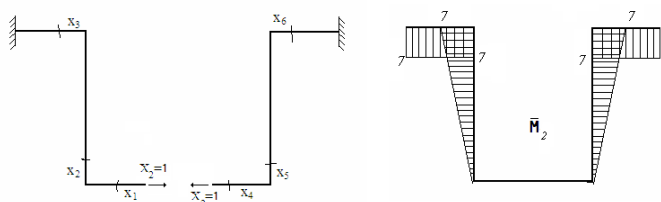
5-uchastkada  $M_{X_5} = X_1 \cdot 2.5 = 1 \cdot 2.5 = 2.5$

6-uchastkada  $0 \leq x_6 \leq 2.5$   $M_{X_6} = X_1 \cdot (2.5 + x_6)$

$x_6 = 0$   $M_{X_6} = 1 \cdot 2.5 = 2.5$

$x_6 = 2.5$   $M_{X_6} = 1 \cdot 5 = 5$

$X_2 = 1$  kuch ta'sirida birlik kuch moment epyurasini quramiz.



1-uchastkada  $M_{X_1} = X_2 \cdot 0 = 0$

2-uchastkada  $0 \leq x_2 \leq 7$   $M_{X_2} = X_1 \cdot x_1$

$x_2 = 0$   $M_{X_2} = 1 \cdot 0 = 0$

$x_2 = 7$   $M_{X_2} = 1 \cdot 7 = 7$

3-uchastkada  $\dot{I}_{\partial_3} = X_2 \cdot h = 1 \cdot 7 = 7 \text{ } \hat{e}N \cdot i$

4-uchastkada  $M_{X_4} = X_2 \cdot 0 = 0$

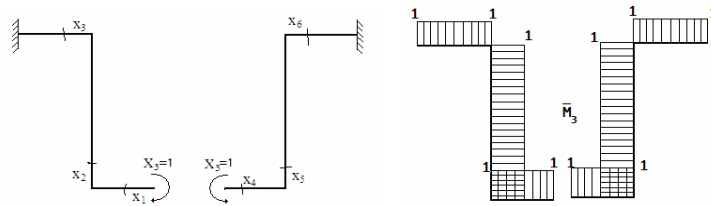
5-uchastkada  $0 \leq x_5 \leq 7$   $M_{X_5} = X_2 \cdot x_5$

$x_5 = 0$   $M_{X_5} = 1 \cdot 0 = 0$

$x_5 = 7$   $\dot{I}_{\partial_5} = 1 \cdot 7 = 7 \text{ } \hat{e}N \cdot i$

6-uchastkada  $M_{X_6} = X_2 \cdot h = 1 \cdot 7 = 7$

$X_3 = 1$  kuch ta'sirida birlik kuch moment epyurasini quramiz.



1-uchastkada  $M_{X_1} = X_3 = 1$

2-uchastkada  $M_{X_2} = X_3 = 1$

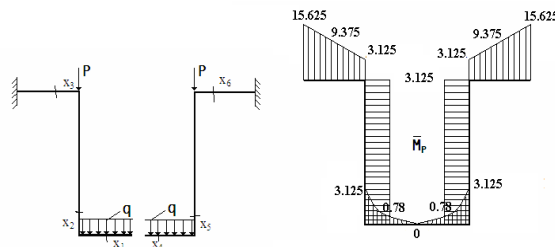
3-uchastkada  $M_{X_3} = X_3 = 1$

4-uchastkada  $M_{X_4} = X_3 = 1$

5-uchastkada  $M_{X_5} = X_3 = 1$

6-uchastkada  $M_{X_6} = X_3 = 1$

Tashqi kuchlar ta'siridan eguvchi moment epyurasini quramiz.



1-uchastkada  $0 \leq x_1 \leq 2.5$   $M_{X_1} = q \frac{x_1^2}{2}$

$x_1 = 0$   $M_{X_1} = 1 \frac{0^2}{2} = 0$

$x_1 = 1.25$   $\dot{I}_{\partial_1} = 1 \cdot \frac{1.25^2}{2} = 0.78 \text{ } \hat{e}N \cdot i$

$x_1 = 2.5$   $\dot{I}_{\partial_1} = 1 \cdot \frac{2.5^2}{2} = 3.125 \text{ } \hat{e}N \cdot i$

2-uchastkada  $\dot{I}_{\partial_2} = q \frac{2.5^2}{2} = 3.125 \text{ } \hat{e}N \cdot i$

3-uchastkada  $0 \leq x_3 \leq 2.5$

$M_{X_3} = q \cdot 2.5(1.25 + x_3) + Px_3$

$$x_3 = 0 \quad \dot{I}_{\bar{o}_3} = 1 \cdot 2.5 \cdot 1.25 = 3.125 \text{ } \hat{e}N \cdot i$$

$$x_3 = 2.5 \quad \dot{I}_{\bar{o}_3} = 1 \cdot 2.5 \cdot 3.75 + 2.5 \cdot 2.5 = 15.625 \text{ } \hat{e}N \cdot i$$

$$\text{4-uchastkada} \quad 0 \leq x_4 \leq 6.5$$

$$M_{x_4} = q \frac{x_4^2}{2}$$

$$x_4 = 0 \quad M_{x_4} = 1 \cdot 0 = 0$$

$$x_4 = 1.25 \quad \dot{I}_{\bar{o}_4} = 1 \cdot \frac{1.25^2}{2} = 0.78 \text{ } \hat{e}N \cdot i$$

$$x_4 = 2.5 \quad \dot{I}_{\bar{o}_4} = 1 \cdot \frac{2.5^2}{2} = 3.125 \text{ } \hat{e}N \cdot i$$

$$\text{5-uchastkada} \quad M_{x_5} = q \frac{(l/2)^2}{2} \quad \dot{I}_{\bar{o}_5} = 1 \cdot \frac{2.5^2}{2} = 3.125 \text{ } \hat{e}N \cdot i$$

$$\text{6-uchastkada} \quad 0 \leq x_6 \leq 6.5$$

$$M_{x_6} = q \cdot 2.5 \cdot (1.25 + x_6) + P \cdot x_6$$

$$x_6 = 0 \quad \dot{I}_{\bar{o}_6} = 1 \cdot 2.5 \cdot 1.25 = 3.125 \text{ } \hat{e}N \cdot i$$

$$x_6 = 2.5 \quad \dot{I}_{\bar{o}_6} = 1 \cdot 2.5 \cdot 3.75 + 2.5 \cdot 2.5 = 9.375 + 6.25 = 15.625 \text{ } \hat{e}N \cdot i$$

Kanonik tenglamani koeffitsienti va ozod hadlarini aniqlaymiz. Ko'chishlarni aniqlashning Vereshchagin usulidan foydalanamiz

$$\delta_{11} = \int \frac{M_1^2}{EI} dx = \left( \frac{1}{2EI} \cdot \frac{2.5 \cdot 2.5}{2} \cdot \frac{2}{30} \cdot 2.5 + \frac{1}{EI} \cdot 2.5 \cdot 7 \cdot 2.5 + \frac{1}{2EI} \cdot 2.5 \cdot 2.5 \cdot 3.125 + \frac{1}{2EI} \cdot \frac{2.5 \cdot 2.5}{2} \cdot \left( \frac{2}{3} \cdot 2.5 + 2.5 \right) \right) \cdot 2 = \frac{1}{EI} (2.6 + 43.75 + 19.53 + 13.02) \cdot 2 = 157.8$$

Ramalarni simmetrikligidan foydalansak, u holda  $\bar{M}_1$  epyura teskari simmetrik,  $\bar{M}_2$ ,  $\bar{M}_3$  va  $M_p$  epyuralar simmetrik bo'ladi. Simmetrik va teskari simmetrik epyuralarni o'zaro ko'paytirsak, quyidagi birlik ko'chishlar nolga teng.

$$\delta_{12} = \delta_{21} = 0 \quad \delta_{13} = \delta_{31} = 0 \quad \Delta_{1p} = 0$$

$$\delta_{22} = \int \frac{M_2^2}{EI} dx = \left( \frac{1}{EI} \cdot \frac{7 \cdot 7}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 7 + \frac{7 \cdot 2.5}{2EI} \cdot 7 \right) \cdot 2 = \frac{1}{EI} \cdot (143.33 + 61.25) \cdot 2 = \frac{1}{EI} \cdot 204.58$$

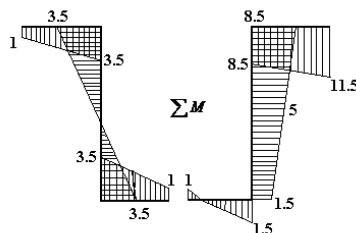
$$\delta_{23} = \delta_{32} = \int \frac{\bar{M}_2 \bar{M}_3}{EI} dx = \left( \frac{1}{EI} \cdot \frac{7 \cdot 7}{2} \cdot 1 + \frac{1}{2EI} \cdot 7 \cdot 7 \cdot 1 \right) = \frac{-98}{EI}$$

$$\delta_{33} = \int \frac{\bar{M}_3^2}{EI} dx = \left( \frac{1}{EI} \cdot \frac{1 \cdot 2.5}{2} \cdot 1 + \frac{1}{EI} \cdot 1 \cdot 7 \cdot 1 + \frac{1}{2EI} \cdot 1 \cdot 2.5 \cdot 1 \right) \cdot 2 = \frac{9.5}{EI}$$

$$\Delta_{1p} = \int \frac{\bar{M}_1 M_p}{EI} dx = - \left( \frac{1}{EI} \cdot \frac{7 \cdot 7}{2} \cdot 3.125 + \frac{1}{2EI} \cdot 7 \cdot 2.5 \cdot 9.375 \right) \cdot 2 = - \frac{1}{EI} \cdot (76.56 + 164.1) \cdot 2 = - \frac{481.245}{EI}$$

$$\Delta_{3p} = \int \frac{\bar{M}_3 M_p}{EI} dx = \left( \frac{1}{2EI} \cdot \frac{1}{3} \cdot 2.5 \cdot 3.125 \cdot 1 + \frac{1}{EI} \cdot 7 \cdot 3.125 \cdot 1 + \frac{1}{2EI} \cdot 1 \cdot 3.125 \cdot 2.5 + \frac{1}{2EI} \cdot \frac{2.5 \cdot 12.5}{2} \cdot 1 \right) \cdot 2 = \frac{1}{EI} (1.3 + 21.875 + 3.9 + 7.813) \cdot 2 = \frac{69.775}{EI}$$

Topilgan koeffitsientlarni tekshiramiz. Buning uchun birlik yig'indi eguvchi moment (summarniy) epyura qurib, ularni to'g'riligini tekshiramiz.



$$\delta_{\Sigma} = \int \frac{M_{\Sigma}^2}{EI} dx = \frac{1}{2EI} \cdot 2.5 \cdot 1 \cdot 2.25 + \frac{1}{2EI} \cdot \frac{2.5 \cdot 2.5}{2} \cdot \left( \frac{2}{3} \cdot 2.5 + 1 \right) + \frac{1}{EI} \cdot \frac{3.5 \cdot 3.5}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 3.5 + \frac{1}{EI} \cdot \frac{3.5 \cdot 3.5}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 3.5 +$$

$$+ \frac{1}{2EI} \cdot 1 \cdot 2.5 \cdot 2.25 + \frac{1}{2EI} \cdot \frac{2.5 \cdot 2.5}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 2.5 + \frac{1}{2EI} \cdot \frac{1 \cdot 1}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 + \frac{1}{2EI} \cdot \frac{1.5 \cdot 1.5}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1.5 + \frac{1}{EI} \cdot 1.5 \cdot 7 \cdot 5 +$$

$$+ \frac{1}{EI} \cdot \frac{7 \cdot 7}{2} \cdot \left( \frac{2}{3} \cdot 7 + 1.5 \right) + \frac{1}{2EI} \cdot 1.5 \cdot 2.5 \cdot 10 + \frac{1}{2EI} \cdot \frac{3 \cdot 2.5}{2} \cdot \left( \frac{2}{3} \cdot 3 + 8.5 \right) = \frac{1}{EI} (2,8125 + 4,17 + 14,292 + 14,292 +$$

$$+ 2,8125 + 2,604 + 0,5 + 1,6875 + 52,5 + 151,08 + 18,75 + 19,6875) = 285,188$$

$$\delta_{\Sigma} = \delta_{11} + \delta_{12} + \delta_{13} + \delta_{22} + \delta_{21} + \delta_{23} + \delta_{31} + \delta_{32} + \delta_{33} = 157,8 + 0 + 0 + 204,58 + 0 - 98 + 0 - 98 + 9,5 = 285,18$$

$$285.188 = 285.18$$

Topilgan qiymatlarini kanonik tenglamaga qo'yib, noma'lum  $X_2, X_3$  kuchni aniqlaymiz.

$$X_1 = 0$$

$$\delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \delta_{23}X_3 + \Delta_{2p} = 0$$

$$\delta_{31}X_1 + \delta_{32}X_2 + \delta_{33}X_3 + \Delta_{3p} = 0$$

Kanonik tenglamaning ozod hadlari va koeffitsientlarini aniqlab oldik. Endi ularni tenglamaga qo'yib, tenglamani yechamiz:

$$204.58X_2 - 98X_3 - 481.245 = 0$$

$$-98X_2 + 9.5X_3 - 69.775 = 0$$

$$204.5X_2 - 98X_3 = 481,245$$

$$98X_2 + 9.5X_3 = 69,775$$

$$X_2 = \frac{69,775 - 9.5X_3}{98} = 0,71 - 0,097X_3$$

$$204,5 \cdot (0,71 - 0,097X_3) - 98X_3 = 481,245$$

$$145,195 - 19,83\tilde{O}_3 - 98\tilde{O}_3 = 481,245$$

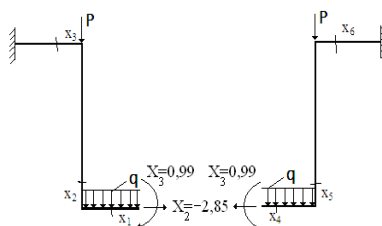
$$-117,84X_3 = 336,05$$

$$X_3 = \frac{-336,05}{117,84} = -2,85 \text{ } \hat{e}N \cdot i$$

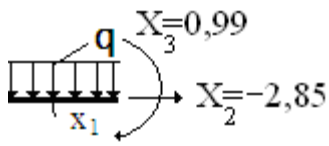
$$\tilde{O}_2 = 0,71 + 0,097 \cdot 2,85 = 0,71 + 0,277 = 0,99 \text{ } \hat{e}N \cdot i$$

Topilgan qiymatlarini asosiy sistemaga qo'yib, eguvchi moment, ko'ndalang kuch, bo'ylama kuch qiymatini va epyurasini quramiz.

Rama qistirib mahkamlanganligi sababli erkin uchidan boshlab uchastkalarga ajratamiz va  $M, Q, N$  ni qiymatini aniqlaymiz.



1-uchastkada  $0 \leq x_1 \leq \ell_2$



$$\dot{I}_{\partial_1} = X_3 + q \frac{x_1^2}{2}; \quad Q_{x_1} = qx_1; \quad N_{x_1} = X_2 = 0,93 \text{ éÍ}$$

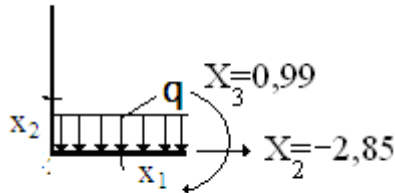
$$\partial_1 = 0 \quad M_{x_1} = X_3 + q \frac{0^2}{2} = X_3 = 2,85 \text{ éN} \cdot i \quad Q_{x_1} = 0$$

$$\partial_1 = 1,25 \quad M_{x_1} = -2,85 + 1 \cdot \frac{1,25^2}{2} = 1,29 \text{ éN} \cdot i$$

$$\partial_1 = 2,5 \quad M_{x_1} = -2,85 + 1 \cdot \frac{2,5^2}{2} = 3,4 \text{ éN} \cdot i \quad Q_{x_1} = 1 \cdot 2,5 = 2,5 \text{ éÍ}$$

2-uchastkada

$$0 \leq x_2 \leq h$$



$$\dot{I}_{\partial_2} = X_3 + q \frac{(\ell/2)^2}{2} - X_2 \cdot x_2; \quad Q_{x_2} = -X_2 = -0,99 \text{ éÍ}$$

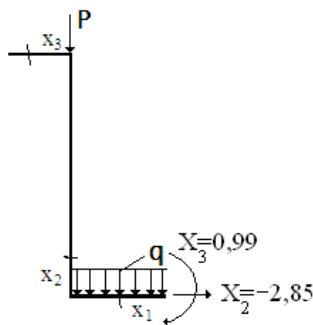
$$N_{x_2} = q \cdot \ell/2 = 1 \cdot 2,5 = 2,5 \text{ éÍ}$$

$$\partial_2 = 0 \quad M_{x_2} = -2,85 + 1 \cdot \frac{2,5^2}{2} - 0,99 \cdot 0 = 3,4 \text{ éN} \cdot i$$

$$\partial_2 = 7 \quad M_{x_2} = 3,4 - 0,99 \cdot 7 = -3,53 \text{ éN} \cdot i$$

3-uchastkada

$$0 \leq x_3 \leq \ell/2$$



$$\dot{I}_{x_3} = X_3 + q \cdot \frac{\ell}{2} \cdot \left( \frac{\ell}{4} + x_3 \right) + P \cdot x_3 - X_2 \cdot h$$

$$Q_{\partial_3} = q \cdot \frac{\ell}{2} + P = 1 \cdot 2,5 + 2,5 = 5 \text{ éÍ}$$

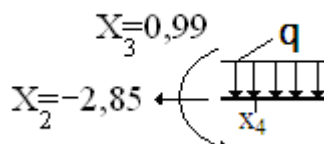
$$N_{\partial_3} = -X_2 = 0,99 \text{ éÍ}$$

$$\partial_3 = 0 \quad M_{\partial_3} = -3,53 \text{ éN} \cdot i$$

$$\partial_3 = 2,5 \quad M_{\partial_3} = -2,85 + 1 \cdot 2,5 \cdot (1,25 + 2,5) + 2,5 \cdot 2,5 - 6,93 = -9,86 + 9,375 + 6,25 = 5,765 \text{ éN} \cdot i$$

4-uchastkada

$$0 \leq x_4 \leq \ell/2$$



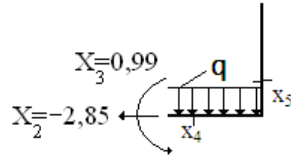
$$\dot{I}_{\partial_4} = X_3 + q \frac{\delta_4^2}{2}; \quad Q_{\partial_4} = -qx_4; \quad N_{\partial_4} = X_2 = 0,99 \text{ } \dot{e}l$$

$$\delta_4 = 0 \quad M_{\partial_4} = X_3 + q \frac{0^2}{2} = X_3 = -2,85 \text{ } \dot{e}N \cdot \dot{i} \quad Q_{\partial_4} = 0$$

$$\delta_4 = \ell/2 \quad Q_{\partial_4} = -2,5 \text{ } \dot{e}l$$

-uchastkada

$$0 \leq x_5 \leq h$$



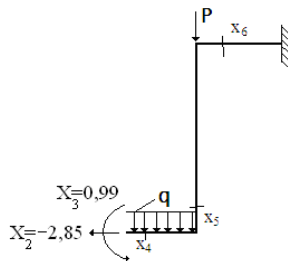
$$\dot{I}_{x_5} = X_3 + q \frac{(\ell/2)^2}{2} - X_2 \cdot x_5; \quad Q_{x_5} = -X_2 = -0,99 \text{ } \dot{e}l \quad N_{\partial_5} = q \cdot \ell/2 = 1 \cdot 2,5 = 2,5 \text{ } \dot{e}l$$

$$\delta_5 = 0 \quad \dot{I}_{\partial_5} = -2,85 + 1 \cdot \frac{2,5^2}{2} - 0,99 \cdot 0 = 3,4 \text{ } \dot{e}N \cdot \dot{i}$$

$$\delta_5 = 7 \quad M_{x_5} = 3,4 - 0,99 \cdot 7 = -3,53 \text{ } \dot{e}N \cdot \dot{i}$$

6-uchastkada

$$0 \leq x_6 \leq \ell/2$$



$$M_{x_6} = X_6 + q \cdot \ell/2 \cdot (\ell/4 + x_6 - X_2 \cdot h)$$

$$Q_{x_6} = -q \cdot \ell/2 - P = -1 \cdot 2,5 - 2,5 = -5 \text{ } kH$$

$$N_{x_3} = X_2 = 0,99 \text{ } kH$$

$$x_6 = 0 \quad M_{x_3} = -3,53 \text{ } \dot{e}N \cdot \dot{i}$$

$$x_6 = \ell/2 \quad M_{x_3} = -2,85 + 1 \cdot 2,5 \cdot (1,25 + 2,5) + 2,5 \cdot 2,5 - 6,93 = -9,86 + 9,375 + 6,25 = 5,765 \text{ } \dot{e}N \cdot \dot{i}$$

Shu tartibda hisoblash ishlari davom ettiriladi.

**Mavzu: Uzlüksiz balkalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash.**

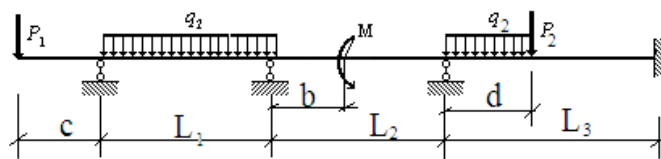
**Shaklda ko'rsatilgan uzliksiz balka uchun berilgan o'lcham va yuklardan foydalanib, quyidagi topshiriqlarni bajarish talab etiladi:**

1. Uch moment tenglamasidan foydalanib,  $M$  va  $Q$  epyuralari qurilsin;
2. Qurilgan epyuralarning to'g'riligi deformatsion va statikaviy usulda tekshirilsin;

**Misol:** Shaklda ko'rsatilgan (shakl 1) uzluksiz balkani topshiriq talablariga asosan hisoblaymiz. Doimiy yuklarning qiymati va uzluksiz balka o'lchamlari shaklda ko'rsatilgan. Tekis taralgan vaqtinchalik yuk qiymati  $q_e = 4 \text{ } \text{kn/m}$  deb qabul qilamiz.

|          |       |     |          |          |       |       |     |     |     |
|----------|-------|-----|----------|----------|-------|-------|-----|-----|-----|
| $\ell_1$ | $q_1$ | $b$ | $\ell_2$ | $\ell_3$ | $P_1$ | $P_2$ | $d$ | $s$ | $M$ |
|----------|-------|-----|----------|----------|-------|-------|-----|-----|-----|

|     |        |     |     |     |      |      |     |     |              |
|-----|--------|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|--------------|
| $m$ | $Kn/m$ | $m$ | $m$ | $m$ | $Kn$ | $Kn$ | $m$ | $m$ | $Kn \cdot m$ |
| 4   | 6      | 1.0 | 6   | 7   | 6    | 8    | 3.5 | 1.5 | 24           |



**Yechish:** 1. Uzlüksiz balkaning statik noaniqlik darajasini 1 formuladan hisoblaymiz

$$n = C_T - 3 = 6 - 3 = 3$$

Demak, uzluksiz balka uch marta statik noaniq va asosiy noma'lumlar  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  tayanch momentlaridir. Nolinchi tayanchli eguvchi momentning qiymati aniq.

Uch moment tenglamalari sistemasining 2 formuladan foydalanib tuzamiz va sistema quyidagi ko'rinishga ega.

$$\begin{cases} M_0 \ell_1^1 + 2(\ell_1^1 + \ell_2^1)M_1 + M_2 \ell_2^1 = -6\left(\frac{J_0}{J_1} B_1^\phi + \frac{J_0}{J_1} B_1^\phi\right) \\ M_1 \ell_2^1 + 2(\ell_2^1 + \ell_3^1)M_3 + M_3 \ell_3^1 = -6\left(\frac{J_0}{J_2} B_2^\phi + \frac{J_0}{J_3} B_3^\phi\right) \\ M_0 \ell_3^1 + 2M_3 \ell_3^1 = -6\frac{J_0}{J_3} B_3^\phi \end{cases}$$

Tenglamalar sistemasi tarkibidagi kattaliklarni hisblaymiz: oraliqlarning keltirilgan uzunliklarini  $J_c = 2J$  bo'lgan hol uchun hisoblaymiz.

$$\ell_1^1 = 8M; \quad \ell_2^1 = 12M; \quad \ell_3^1 = 7M$$

Konsolga qo'yilgan kuchdan hosil bo'lgan eguvchi moment qiymati

$$M_0 = -P \cdot C = -6 \cdot 1,5 = -9kHM$$

Fiktiv tayanch reaksiyalarning qiymatlarini shu metodik qo'llanmani ilovasida keltirilgan jadvaldan foydalanib hisoblaymiz.

$$B_1^\phi = \frac{q_1 \ell_1^3}{24} = \frac{6 \cdot 4^3}{24} = 16kH \cdot M^2;$$

$$A_2^\phi = \frac{M}{6\ell_2} (P_2^2 - 3e^2) = \frac{24}{6 \cdot 6} (6^2 - 3 \cdot 2^2) = 16kH \cdot M^2;$$

$$B_2^\phi = \frac{M}{6\ell_2} (\ell_2^2 - 3a^2) = \frac{-24}{6 \cdot 6} (6^2 - 3 \cdot 4^2) = 8kH \cdot M^2;$$

$$A_3^\phi = \frac{9q_2 \ell_3^3}{684} + \frac{P_2 \ell_3^2}{16} = \frac{9 \cdot 4 \cdot 7^3}{384} + \frac{8 \cdot 7^2}{16} = 56,66 kH \cdot M^2;$$

$$B_3^\phi = \frac{7q_2 \ell_3^3}{684} + \frac{P_2 \ell_3^2}{16} = \frac{7 \cdot 4 \cdot 7^3}{384} + \frac{8 \cdot 7^2}{16} = 49,5 kH \cdot M^2$$

Tenglamalar sistemasini yozamiz.

$$\begin{cases} 40 M_1 + 12 M_2 = -312 \\ 12 M_1 + 34 M_2 + 7 M_3 = -435,96 \\ 7 M_2 + 14 M_3 = -297 \end{cases}$$

Tenglamalar sistemasini yozib, noma'lum tayanch momentlarini aniqlaymiz,

$$M_1 = -5,64 kHM; \quad M_2 = -7,21 kHM; \quad M_3 = -17,6 kHM$$

Natijaviy eguvchi moment epyurasining 5 formula orqali yoki epyuralarni ordinatalarini xarakterli kesimlarda algebraik qo'shish bilan ko'ramiz 1 shakl.

Natijaviy eguvchi moment epyurasining to'g'ri qurilganligiga ishonch hosil qilish uchun 9 formuladan foydalanib, deformatsion tekshirishni bajaramiz, buning uchun  $\overline{M}_1 = 1$  epyurasini ko'ramiz 1.e shaklda epyuralarni ko'paytirish usulini qo'llaymiz.

$$\begin{aligned} & \frac{1}{EJ} \left[ \frac{2}{3} \cdot 4 \cdot 12 \cdot 0,5 - \frac{4}{6} (2 \cdot 5,64 + 1 \cdot 9) + \frac{4}{6} \left( 2 \cdot \frac{16}{3} + 1 \cdot 16 \right) - \frac{8 \cdot 2}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{3} - \frac{6}{6} (2 \cdot 5,64 + 1 \cdot 7,21) \right] \\ &= \frac{1}{EJ} (33,777 - 33,787) \approx 0 \end{aligned}$$

Xatolik 0,03 % ni tashkil etadi va hisoblash aniqligi yetarli deb hisoblaymiz.

Kesib o'tuvchi kuch epyurasini 6 formuladan quramiz (rasm 1). Epyuradan qo'rinib turibdiki, eguvchi moment epyurasi 0-1 va 2-2 oraliqlarda ekstremal qiymatga erishadi. Maksimal eguvchi moment qiymatini hisoblash uchun

$$\frac{dM_x}{dx} = Q_x = 0$$

diffirensial bog'lanishdan foydalanamiz.

Tayanch reaksiyalarining qiymatlarini 8 formula va 1,i shakldan foydalanib hisoblaymiz

$$R_0 = 18,84 kH; \quad R_1 = 14,9 kH; \quad R_2 = 9,27 kH; \quad R_3 = 8,99 kH$$

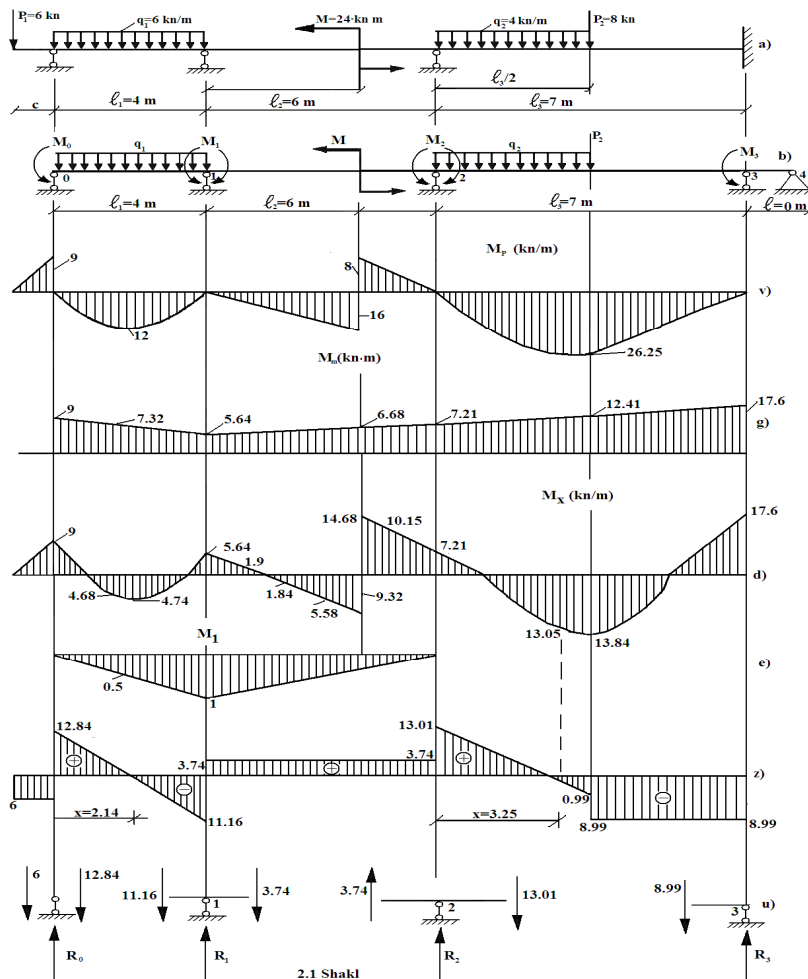
Uzuksiz balkaning umumiy muvozanat shartini 10 ko'rinishdagi tenglamalar tuzish bilan tekshiramiz.

$$\sum Y = 0; \quad R_0 + R_1 + R_2 + R_3 + P_1 + P_2 + q_1 \ell_1 - 0,5 q_2 \ell = 0 \quad 52 - 52 = 0$$

$$\sum M_3 = 0; \quad R_0 + 17 + R_1 \cdot 13 + R_2 \cdot 7 + M_3 - P_1 \cdot 18,5 - q_1 \cdot 4 \cdot 15 - M - P_2 \cdot 3,3 - q_2 \cdot 3,5 \cdot 5,25 = 596,47 - 596,49 \approx 0$$

Demak, barcha hisoblar to'g'ri bajarilgan.





### Mavzu: Uzlusiz balkalarni fokuslar usuli bilan hisoblash. Uzlusiz balkalarni moment fokuslari nisbati orqali hisoblash

Uzlusiz balkani vaqtinchalik yukka hisoblaymiz.

3. Chap va o'ng moment fokuslari nisbatlarini 11 va 12 formulalardan hisoblaymiz.

$$K_1 = \infty; \quad K_2 = 2 + \frac{\ell_1^1}{\ell_2} \left( 2 - \frac{1}{K_1} \right) = 2 + \frac{8}{12} \left( 2 - \frac{1}{\infty} \right) = 3,333$$

$$K_3 = 2 + \frac{\ell_1^1}{\ell_3} \left( 2 - \frac{1}{K_2} \right) = 2 + \frac{12}{7} \left( 2 - \frac{1}{3,333} \right) = 4,91 \quad K_3^1 = 2$$

$$K_2^1 = 2 + \frac{\ell_3^1}{\ell_2} \left( 2 - \frac{1}{K_3^1} \right) = 2 + \frac{7}{12} \left( 2 - \frac{1}{2} \right) = 4,875$$

$$K_1^1 = 2 + \frac{\ell_2^1}{\ell_1} \left( 2 - \frac{1}{K_2^1} \right) = 2 + \frac{12}{8} \left( 2 - \frac{1}{4,875} \right) = 4,48$$

Uzlusiz balkani chap konsolini miqdori  $q_6 = 4$  kn/m bo'lgan vaqtinchalik yuk bilan yuklaymiz va nolinci tayanch momentini hisoblaymiz

$$M_0 = -\frac{q_6 C^2}{2} = -\frac{4 \cdot 1,5^2}{2} = -4,5 \text{ kHM}$$

O'ng tomondan tayanch momentlarni 14 formulalardan foydalanib hisoblaymiz:

$$M_1 = -\frac{M_0}{K_1^1} = -\frac{-4,5}{4,48} \approx 1 \text{ kHM}; \quad M_2 = -\frac{M_1}{K_2^1} = -\frac{1}{2,875} = -0,35 \text{ kHM};$$

$$M_3 = -\frac{M_2}{K_3^1} = \frac{0,35}{2} = 0,175 \text{ kH}\mathcal{M}$$

Vaqtinchalik yuk konsoldangi hol uchun eguvchi moment epyurasi 2 a shaklda ko'rsatilgan.

Birinchi oraliqni vaqtinchali yuk  $q_e = 4$  kn/m bilan yuklaymiz va tayanch momentlarni 13 formuladan foydalanib hisoblaymiz.

$$M_0 = 0; \quad M_1 = -6 \frac{B_1^\phi}{\ell_1 K_1^1} = -6 \frac{q_e \ell_1^3}{24} \cdot \frac{1}{\ell_1 K_1^1} = -6 \frac{4 \cdot 4^3}{24} \cdot \frac{1}{4 \cdot 4,48} = -3,57 \text{ kH}\mathcal{M};$$

$$M_2 = -\frac{M_1}{K_2^1} = -\frac{-357}{2,875} = 1,24 \text{ kH}\mathcal{M}; \quad M_3 = -\frac{M_2}{K_3^1} = -\frac{1,24}{2} = -0,62 \text{ kH}\mathcal{M}$$

2-oraliqni vaqtinchalik yuk  $q_e = 4$  kn/m bilan yuklaymiz va  $M_1$ ,  $M_2$  - tayanch momentlarni 13 formuladan hisoblaymiz:

$$M_1 = -6 \frac{A_2^\phi K_2^1 - B_2}{\ell_2 (K_2 K_2^1 - 1)}; \quad M_2 = -6 \frac{B_2^\phi K_2 - A_2^\phi}{\ell_2 (K_2 K_2^1 - 1)}$$

Fiktiv tayanch reaksiyadarni hisoblaymiz

$$A_2 = B_2^\phi = \frac{q_e \ell_2^3}{24} = \frac{4 \cdot 6^3}{24} = 36 \text{ kH}\mathcal{M}^2$$

Tayanch momentlarining qiymatlarini hisoblaymiz

$$M_1 = -6 \frac{36 \cdot 2,875 - 36}{6(3,333 \cdot 2,875 - 1)} = -7,87 \text{ kH}\mathcal{M}$$

$$M_2 = -6 \frac{36 \cdot 3,333 - 36}{6(3,333 \cdot 2,875 - 1)} = -9,78 \text{ kH}\mathcal{M}; \quad M_3 = -\frac{M_2}{K_2} = 4,89 \text{ kH}\mathcal{M}$$

Eguvchi moment epyurasi 2.v shaklda ko'rsatilgan.

Uchinchi oraliqni vaqtinchalik yuk  $q_e = 4$  kn/m bilan yuklaymiz va tayanch momentlari 13 formuladan hisoblaymiz:

$$M_2 = -6 \frac{A_3^\phi K_3^1 - B_3^\phi}{\ell_3 (K_3 K_3^1 - 1)}; \quad M = -6 \frac{B_3^\phi K_3 - A_3^\phi}{\ell_3 (K_3 K_3^1 - 1)}$$

Fiktiv tayanch reaksiyalarni hisoblaymiz.

$$A_2^\phi = B_3^\phi = \frac{q_e \ell_3^3}{24} = \frac{4 \cdot 7^3}{24} = 57,17 \text{ kH}\mathcal{M}^2$$

Tayanch momentlarning qiymatlari

$$M_1 = -\frac{M_2}{K_2} = \frac{5,55}{3,333} = 1,67 \text{ kH}\mathcal{M}$$

$$M_2 = -6 \frac{57,17 \cdot 2 - 57,17}{7(4,91 \cdot 2 - 1)} = -5,55 \text{ kH}\mathcal{M}$$

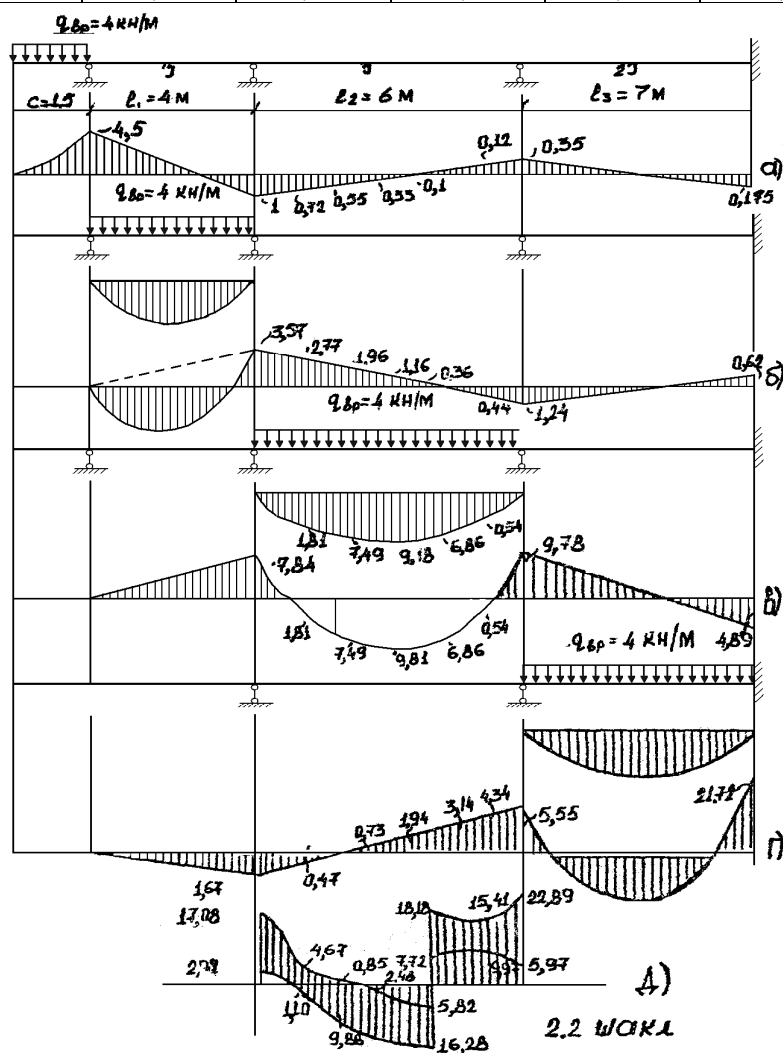
$$M_3 = -6 \frac{57,17 \cdot 4,91 - 57,17}{7(4,91 \cdot 2 - 1)} = -21,72 \text{ kH}\mathcal{M}$$

Vaqtinchali yuk bilan ikkinchi oraliq yuklangan eguvchi moment epyurasi 2 shaklda ko'rsatilgan.

Ikkinchi oraliqda hisobiy eguvchi moment epyurasini (qamrovchi epyura) qurish uchun shu oraqni teng olti bo'lakka bo'lib, doimiy va vaqtinchali yuklardan shu kesimlardagi eguvchi momentlarning qiymatlarini hisoblaymiz. Maksimal va minimal eguvchi momentlarni 15 formulalardan foydalanib topamiz va hisoblashlarni quyidagi jadvalda olib boramiz.

Jadval 1

| Kesimlar | Doimiy yukdan eguvchi moment $kNm$ | Vaqtinchali yukdan eguvchi momentlar |          |          |          | Hisobiy eguvchi moment $kNm$ |             |
|----------|------------------------------------|--------------------------------------|----------|----------|----------|------------------------------|-------------|
|          |                                    | Konsolda                             | 1-oraliq | 2-oraliq | 3-oraliq | Maksimum                     | Minimum     |
| l        | -5,64                              | 1,00                                 | -3,57    | -7,87    | 1,67     | -2,97                        | -17,08      |
| a        | -1,90                              | 0,72                                 | -2,77    | 1,81     | 0,47     | 1,10                         | -4,67       |
| b        | 1,84                               | 0,55                                 | -1,96    | 7,49     | -0,73    | 9,88                         | -0,85       |
| v        | 5,58                               | 0,33                                 | -1,16    | 9,18     | -1,94    | 15,09                        | 2,48        |
| g        | 9,32/-14,68                        | 0,1                                  | -0,36    | 6,86     | -3,14    | 16,28/-7,72                  | 5,82/-18,18 |
| d        | -10,95                             | -0,12                                | -0,44    | 0,54     | -4,34    | -9,97                        | -15,41      |
| e        | -7,21                              | -0,35                                | 0,24     | -9,78    | -5,55    | -5,97                        | -22,89      |



### Mustaqil ta'lim mashg'ulotlari

1. Uch sharnirli arkaning maqbul o'qi.
2. Yadro momentlari.
3. Uch sharnirli arkasimon fermalarni hisoblash.
4. Ta'sir chiziqlar qurishning kinematik usuli. Ferma maqbul (ratsional) shakllarini tanlash.
5. Arka o'qining maqbul (ratsional) shaklini tanlash.

6. Tashqi kuchlarning bajargan ishi.
7. Ichki kuchlarning bajargan ishi.
8. Ishlarning va ko'chishlarning o'zaro bog'liqligi haqida teorema.
9. Tenglamalar sistemasini yechish.
10. Tashqi yuklarni simmetrik va teskari simmetrik yuklarga ajratish.
11. Statik aniqmas sistemalarni harorat ta'siriga hisoblash.
12. Statik aniqmas sistemalarni tayanchlar cho'kishiga hisoblash.
13. Chekli elementlar usuli haqida tushuncha.
14. Chekli element turlari. Chekli elementlar usulida tenglamalar tuzish.
15. Statika muvozanat tenglamalarini tuzish.
16. Geometrik tenglamalarni tuzish. Fizik tenglamalar tuzish.
17. Statik aniqmas sterjenli sistemalarni chekli elementlar usuli bilan hisoblash.
18. Ramalarni ko'chish usulida hisoblashning matritsa ko'rinishi
19. Ramalarni ko'chish usulida hisoblashning matritsa usuli.
20. Hisoblash algoritimi chekli elementlar haqida umumiy tushuncha.
21. Sterjenli sistemalarni chekli elementlar usuli yordamida hisoblash tartibi
22. Asosiy sistema tanlash, noma'lum ko'chishlarning kiritish.
23. Sterjenning birklik matritsasini aniqlash.
24. Ramalarni chekli elementlar yordamida hisoblash.
25. Plastinkasimon konstruksiyalarni chekli elementlar yordamida hisoblash.

Fanda 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 rejayiv 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 konspekt qilish, prezentatsiya tayyorlash, referatlar tayyorlash va uni taqdimot qilish tavsiya etiladi.

### **Mustaqil ta'lim mavzulari**

Talaba mustaqil ishni tayyorlashda muayyan fanning xususiyatlarini hisobga olgan holda quyidagi shakllardan foydalanish tavsiya etiladi:

- darslik va o'quv qo'llanmalar bo'yicha fan boblari va mavzularini o'rganish;
- tarqatma materiallar bo'yicha maruzalar qismini o'zlashtirish;
- maxsus adabiyotlar bo'yicha fan bo'limlari va mavzulari ustida ishlash;
- faol va muammoli o'qitish usulidan foydalaniladigan o'quv mashg'ulotlari;
- masofaviy ta'lim

Ta'lim yo'nalishi uchun juda zarur bo'lgan mavzularga tegishli masalalar o'qituvchi rahbarligida o'quv xonasida bajariladigan mustaqil ishlar tarkibiga kiritilishi tavsiya etiladi. Bunda mustaqil ishlar mavzusi tahsilgoh taklifiga ko'ra belgilanadi va mutaxassis tayyorlovchi maxsus tahsilgoh tomonidan tasdiqlanadi.

### **Tavsiya etilayotgan mustaqil ishlarining mavzulari:**

1. Inshootga ta'sir etuvchi yuklar va ularning turlari, inshootlar hisoblash sxemalarining kinematik, ta'sir chiziqlarini chizishning kinematik usulini tahlili bo'yicha taqdimot tayyorlash
2. Oddiy va konsol balka hamda ko'p oraliqli balkalarning biror kesimi uchun ichki zo'riqlashlarning ta'sir chiziqlarining ta'sir chiziqlarini va mavzuga doir taqdimot tayyorlash.
3. Murakkab fermalarning geometrik o'zgarishligini tadqiq etish va fermalarning ratsional shakllarini tanlash bo'yicha taqdimot tayyorlash.
4. Statik aniq sistemalarda ichki zo'riqlashlarni aniqlashga doir misollar yechish va taqdimot tayyorlash.
5. Uch sharnirli arkasimon fermalarni harakatlanuvchi va qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash.
6. Fermalarni tugun qirqish usulida, to'liq kesim usulida, qo'shma kesim usulida, sterjenlarni almashtirish usulida, yopiq kontur usulida, grafik usulda hisoblash.
7. Statik aniq va noaniq sistemalarni temperatura ta'siriga va tayanchlarning cho'kishiga hisoblash.
8. Statik noaniq sistemalarni kuchlar usuli yordamida hisoblashning soddalashtirish usulidan foydalanib hisoblash.
9. Ko'chishlar usulida statik noaniq sistemalarni hisoblash. Statik noaniq sistemalarni aralash usulda hisoblash.

**Eslatma:** *Mavzu bo'yicha konspekt qilish, test savollari tuzish va prezentatsiyalar tayyorlash*

Ushbu o'quv fani bo'yicha talabaning mustaqil ishi ma'ruzalar matni va tavsiya etilgan adabiyotlar bilan ishlashni, laboratoriya ishlarini o'tashga tayyorgarlik ko'rishni, hisob-grafik ishini, kurs loyihasini mustaqil bajarishni o'z ichiga oladi.

### 3. GLOSSARIY

#### ASOSIY SHARTLI BELGILAR

|                                     |                                                                                                                   |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| W -                                 | erkinlik darajasi soni, ichki kuchlarning haqiqiy bajargan ishi.                                                  |
| V -                                 | sistemalarning o'zgaruvchanlik darajasi, tashqi kuchlarning haqiqiy ishi.                                         |
| D -                                 | disklar soni                                                                                                      |
| SH -                                | oddiy sharnirli soni.                                                                                             |
| S <sub>t</sub> -                    | tayanch sterjenlari soni                                                                                          |
| T -                                 | ferma tugunlar soni.                                                                                              |
| S -                                 | ferma sterjenlar soni.                                                                                            |
| K -                                 | sharnirsiz yopiq konturlar soni.                                                                                  |
| L -                                 | ortiqcha bog'lanishlar soni.                                                                                      |
| q -                                 | chiziqli tekis taralgan yuk.                                                                                      |
| R -                                 | to'planma kuch.                                                                                                   |
| M -                                 | eguvchi moment                                                                                                    |
| Q -                                 | kesuvchi kuch.                                                                                                    |
| N -                                 | bo'ylama kuch                                                                                                     |
| $\bar{M}_1, \bar{Q}_1, \bar{N}_1$ - | birlik yukdan eguvchi moment, kesuvchi va bo'ylama kuchlar.                                                       |
| $M, Q, N$ -                         | tashqi yukdan eguvchi moment, kesuvchi va bo'ylama kuchlar.                                                       |
| E -                                 | Elastik moduli.                                                                                                   |
| G -                                 | Siljish moduli.                                                                                                   |
| $\mu$ -                             | kesimning shakliga bog'liq bo'lgan, ko'ndalang kesimda urinma kuchlanishlarni notekis taqsimlanish koeffitsienti. |
| $\ell$ -                            | prolet uzunligi.                                                                                                  |
| h -                                 | ko'ndalang kesim balandligi.                                                                                      |
| b -                                 | ko'ndalang kesim eni.                                                                                             |
| A -                                 | ko'ndalang kesim maydoni, tashqi kuchlarning mumkin bo'lgan ishi.                                                 |
| A <sub>b</sub> -                    | vertikal sterjenining ko'ndalang kesim maydoni.                                                                   |
| A <sub>r</sub> -                    | gorizontal (osma) sterjenning ko'ndalang kesim maydoni.                                                           |

|                                 |                                                                                                                                                   |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $A_{ur}$ -                      | ichki kuchlardan mumkin bo'lgan ish.                                                                                                              |
| $I$ -                           | ko'ndalang kesimning inertsia momenti.                                                                                                            |
| $I_B$ -                         | vertikal sterjen ko'ndalang kesimining inertsia momenti.                                                                                          |
| $I_R$ -                         | gorizontal (osma) sterjen ko'ndalang kesimining inertsia momenti.                                                                                 |
| $V_A, V_B, V_C \dots$ -         | A, V, S .... paydo bo'ladigan reaksiyalarning, vertikal tashkil etuvchilari. Yuqoriga yo'nalgan reaksiyalar, musbat qabul qilinadi.               |
| $N_A, N_V, N_S \dots$ -         | A, V, S... o'rlarda paydo bo'ladigan reaksiyalarning gorizontal tashkil etuvchilari.<br>O'ng tomonga yo'nalgan reaksiyalar musbat qabul qilinadi. |
| $N, (N_t)$ -                    | keruvchi reaksiya (tortqidagi zo'riqish).<br>CHO'zuvchi zo'riqish musbat qabul qilinadi.                                                          |
| $U$ -                           | potensial energiya.                                                                                                                               |
| $\Omega$ -                      | epyuralar maydoni.                                                                                                                                |
| $\omega$ -                      | ta'sir chiziqlari maydoni                                                                                                                         |
| $\varphi, s, s_1, s_2 \dots$ -  | tayanchlarning berilgan siljishlari.                                                                                                              |
| $r, r_1, r_2 \dots$ -           | elastik jipslashuvi tayanchlarning bikrlilik koeffisientlari.                                                                                     |
| $R$ -                           | aylana radiusi.                                                                                                                                   |
| $f$ -                           | arkaning ko'tarilish balandligi.                                                                                                                  |
| $M_k^0, Q_k^0$ -                | arka prolyotiga teng, oddiy balka K kesimidagi eguvchi moment va kesuvchi kuch.                                                                   |
| $\bar{P} = 1$ -                 | birlik yuk.                                                                                                                                       |
| $F_k$ -                         | kritik yuk (kritik kuch).                                                                                                                         |
| $q_{ekv}$ -                     | chiziqli tekis taralgan ekvivalent yuk.                                                                                                           |
| $t^1 = t_1 - t_2$ -             | sterjen ko'ndalang kesimning balandligi bo'yicha haroratning o'zgarishi.                                                                          |
| $t_0 = \frac{(t_1 + t_2)}{2}$ - | sterjen holis o'qi bo'yicha harorat.                                                                                                              |
| $t_1, t_2$ -                    | kesim chekka nuqtalarida haroratning oshishi.                                                                                                     |
| $\frac{t_1}{t_2} = 0$ -         | uzunligi chiziq kesim qaysi tomonidan harorat o'zgarishini ko'rsatadi.                                                                            |
| $\frac{t_1}{t_2}$ -             | tuzilma elementning tashqi va ichki tolalarida harorat o'zgarish.                                                                                 |
| $X_k (X_k)$ -                   | K nuqtaning gorizontal ko'chishi. O'ng tomonga ko'chish musbat qabul qilinadi.                                                                    |
| $y_k (y_k)$ -                   | k nuqtaning vertikal ko'chish.<br>Yuqoriga ko'chish musbat qabul qilinadi.                                                                        |
| $\Delta_k$ -                    | K nuqtaning to'liq ko'chishi, quydagi formuladan topiladi.<br>$\Delta_k = \sqrt{X^2_K + Y^2_K}$                                                   |
| $\varphi_k$ -                   | k nutada kesimning buralish burchagi. Kesimining soat strelkasi bo'yicha buralishi musbat qabul qilinadi.                                         |
| $X_{KN} (X_{KN})$ -             | K va N nuqtalari o'zaro gorizontal yaqinlashishi (musbat) yoki uzoqlashishi (manfiy).                                                             |
| $y_{KN} (y_{KN})$ -             | K va N nuqtalarini o'zaro vertikal yaqinlashishi (musbat) yoki uzoqlashishi (manfiy).                                                             |
| $\Delta_{KN}$ -                 | KN to'g'ri chizig'i bo'ylab o'zaro yaqinlashishi (musbat) yoki o'zaro uzoqlashishi (manfiy).                                                      |
| $\varphi_{KN}$ -                | K va N nuqtalarida kesimning o'zaro buralish burchagi.                                                                                            |

**Plastinka, 'lita va qobiqlardan tashkil to'gan inshootlar** – bir o'lchami qolgan ikki o'lchamiga nisbatan ancha kichik bo'lgan inshootlar plita yoki plastina deyiladi. O'rta tekisligi egri sirtidan iborat plastina qobiq deb ataladi.

**Tugun**-bir necha stejenlarni birikkan nuqtasi tushiniladi.

**Kinematik belgisiga ko'ra:**-geometrik o'zgaruvchan, geometrik o'zgarmas statik aniq, geometrik o'zgarmas statik aniqmas.

**Geometrik o'zgaruvchan** -etarli bog'lanishga ega bo'lmagan sistemalar.

**Statik aniq geometrik o'zgarmas** - yetarli bog'lanishga ega bo'lgan sistemalar.

**Geometrik o'zgarmas statik aniqmas**-ortqcha bog'lanishga ega bo'lgan sistemalar.

**Inshootlar elementlarining o'zaro bog'lanishlariga ko'ra qo'yidagicha bo'linadi:**

SHarnirli bog'lanishli inshootlar, Birk bog'lanishli inshootlar, Kombinatsiyali bog'lanishli inshootlar.

**Inshoot elementlarining joylashishiga ko'ra:**yassi sistemalar, fazoviy sistemalar.

**Yassi sistemalar**-Inshoot va unga qo'yiladigan yuklar bir tekislikda joylashgan sistemaga aytiladi.

**Fazoviy sistemalar**-inshootlar elementlari turli tekisliklarda joylashgan sistemaga aytiladi.

**Inshootlar tayanch reaksiyalarining yo'nalishiga ko'ra havonli va havonsiz sistemaga bo'linadi.**

Vertikal yuklar ta'sirida bo'lgan inshootlarning tayanchlarida vertikal va gorizontal yo'nalishlarda reaksiya kuchlari hosil bo'lsa, u **haponli** sistema deyiladi.

Vertikal yuklar ta'sirida bo'lgan inshootlarning tayanchlarida faqat vertikal yo'nalishda reaksiya kuchlari hosil bo'lsa, u **havonsiz** sistema deyiladi.

Ta'sir qilish vaqtiga ko'ra tashqi yuklar **doimiy** va **vaqtinchalik** yuklarga bo'linadi.

**Doimiy** yuklar inshootga doim ta'sir qilib turuvchi yuklardir. Masalan, temir yo'l ko'prigining o'z og'irligi doimiy yuk, uning ustidan o'tayotgan 'oezdning og'irligi vaqtinchalik yuk bo'ladi. Vaktinchalik yuklar ham o'z navtida ikkiga bo'linadi. **Qo'zg'almas va harakatdagi yuklar** Qo'zg'almas yuklarga inshootga qo'yilgan asbob- uskunaning og'irligi, harakatdagi yuklarga esa trans'ort vositalarining ta'siri misol bo'ladi.

**Inshootlarning og'irligi.** Inshootlarni hisoblayotganda foydali yuklar qatorida **uning o'z og'irligini** hisobga olish shart. Chunki inshootning yuqori qismidagi konstruksiyalarining og'irligi pastdagi konstruksiyalarga ta'sir qiladi. Inshootning og'irligi uning 'oydevoriga tashqi yuk sifatida uzatiladi.

**Atmosfera yuklari.** Bu yuklarga **qor, shamol, haroratning issiq, yoki sovuqligi** va boshqalar kiradi. Ushbu yuklar mamlakatimizning tabiiy xududi sharoitini va inshoot shaklini g'isobga oluvchi qurilish qoidasi va me'yorlarida berilgan bo'ladi.

Inshootga ta'sir etuvchi barcha yuklar **sirtki va xajmiy yuklarga** bo'linadi. Inshoot sirtining bir qismiga yoki hammasiga ta'sir qilayotgan yuklar **sirtqi yuklar**, inshootning barcha ichki qismlariga ta'sir qilayotgan kuchlar **hajmiy yuklar** deb ataladi. Xajmiy yuklarga inshootning o'z og'irligi misol bo'ladi.

Tashqi yuklar qo'yilishiga, ta'sir etish vaqtiga, ta'sir qilish harakteriga, vazifasiga va boshqa belgilariga qarab bir necha turlarga bo'linadi. Yuklar **to'plangan va yoyilgan, doimiy va vaqtinchalik, kuzg'aluvchan va ko'zg'almas, statik va dinamik** kuchlarga ajraladi.

Tashqi yuklar qo'yilishiga ko'ra **to'plangan va yoyilgan** yuklarga bo'linadi. Inshootning o'z o'lchamlariga nisbatan juda kichik sirtiga ta'sir qiluvchi kuchlar **to'plangan yuklar** deb ataladi. To'plangan yuklar birliklar tizimini SI sistemasi buyicha N (Nyuton)da o'lchanadi.  $1\text{ kgs}=9.81\text{ N}\approx 10\text{ N}$ . Inshoot sirtining biror qismiga yoki uzunligi buyicha ta'sir qilgan kuchlar **yoyilgan yuklar** deb ataladi. Yoyilgan yuklar intensivlik bilan o'lchanadi. Intensivlik deganda inshootning  $1\text{ m}^2$  yuzasi yoki  $1\text{ m}$  uzunligiga to'g'ri kelgan yuk miqdori tushuniladi. Uzunlik buylab yoyilgan yuk  $\text{N/m}$  bilan, sirt buylab yoyilgan yuk esa  $\text{N/m}^2$  bilan o'lchanadi.

Inshootga ta'sir etuvchi barcha yuklar tabiati (harakteri)ga ko'ra tashqi yuklar **statik va dinamik** yuklarga bo'linadi. Agar yuk inshootga asta-sekin qo'yilib, o'z qiymatiga yetkazilsa u **statik yuk** deyiladi. **Dinamik yuk** ta'siridan inshootda tezlanishlar hosil bo'ladi va natijada inertsia kuchlari vujudga keladi. Inertsia kuchlari vaqtning hosilasi hisoblanadi. Statik yuk ta'siridan inshootda hech qanday inertsia kuchi hosil bo'lmaydi.

**Birlik kuch**— chiziqli ko'chishni to'ishda ko'chish yo'nalishida kesimga qo'yilgan moduli birga teng bo'lgan o'lchamsiz  $F=1$  kuch.

**Birlik moment** – Burchakli ko'chishni to'ishda shu ko'chish yo'nalishida kesimga qo'yilgan o'lchamsiz  $M=1$  moment.

**Birlik epyura** – Birlik kuchdan yoki birlik momentdan qurilgan  $M_i$  eguvchi moment epyurasi.

**Bikrlik** – konstruksiyalar (qurilmalar)ning deformasiyaga qarshilik qila olish tushuniladi

**Bo'ylama kuch** – cho'zilgan (siqilgan) sterjinning ko'ndalang kesimlarida (ichki kuch)- $N_x$  – bo'ylama kuch hosil bo'ladi. Bo'ylama kuch ko'ndalang kesimdan bir tomonda qolgan tashqi kuchlarning algebraik yig'indisiga teng.

$$N_x = \sum (F_i)X.$$

Agar kuch kesimdan tashqari tomonga qarab yo'nalsa, unda (musbat) cho'zuvchi, agar kesimga tomon qarab yo'nalsa (manfiy) siquvchi bo'ladi.

**Deformasiya** - tashqi kuchlar ta'sirida jism o'lchamlari va shaklining o'zgarishi deformasiya deb ataladi. Deformasiyalar chizikli va burchakli bo'ladi.

**Dinamik kuchlar** – amalda foydalanish sharoitida qurilmalarning Ko'p qismlariga dinamik kuchlar ta'sir qiladi. Bularga inertsia kuchlari, oniy va zarbiy kuchlar kiradi.

**Doimiy kuchlar** - konstruksiyaga doimiy ta'sir qiluvchi kuchlar, masalan konstruksiyani o'z og'irligi.

**Eguvchi moment  $M_x$ , kesuvchi kuch  $Q_u$  va yoyilgan kuch orasidagi bog'lanishlar.**

Kesuvchi kuchdan abtsissa o'qi bo'yicha olingan birinchi hosila yoyilgan kuch jaddaligiga teng.

$$\frac{\partial Q_y}{\partial x} = q$$

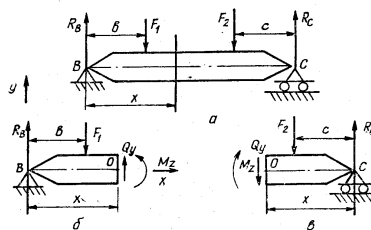
Eguvchi momentdan abtsissa o'qi bo'yicha olingan birinchi hosila kesuvchi kuchga teng.

$$\frac{dM_x}{dx} = Q$$

**Egilish** – deb, bo'ylama o'qqa 'er'endikulyar yo'nalgan yoki shu o'q orqali o'tuvchi kuchlar jufti ta'sirida deformasiyalanishiga aytiladi. Egilishni umumiy holatlarida to'sinning ko'ndalang kesimlarida ichki kuchlardan,  $M_z$ - eguvchi moment,  $Q_z$ -kesuvchi kuch hosil bo'ladi.

**Eguvchi moment** - ( $M_z$ ) to'sin kesimini og'irlik markaziga nisbatan kesimning bir tomonida joylashgan barcha tashqi kuchlar momentlarini algebraik yig'indisiga teng (7-rasm)

$$M_z = \sum m_0(F_i)$$



7-rasm

Agar to'sinning qabariq tomoni pastga qarasa, bunday eguvchi moment musbat hisoblanadi, aks holda manfiy hisoblanadi.

**Epyura** - sterjen, val va balkalarni ichki kuchlarini bir kesimidan keyingi kesimlarigacha ularning o'qlari bo'yicha o'zgarish grafigiga aytiladi. Demak, sterjenni, valni va balkani mustahkamligini ta'minlashda xavfli kesimni to'ish zarur, buning uchun N-bo'ylama, Q-kesuvchi kuch, M – eguvchi va T –burovchi moment epyuralari chiziladi. Hisoblar natijasida hamda normal kuchlanish  $\sigma$  va ko'chishlar  $\delta$  epyuralari yasaladi

**Ichki kuchlar** – tashqi kuchlar ta'siridan to'sin (sterjeng') deformasiyalanadi va uning kesimlarida ichki kuchlar hosil bo'ladi. Deformasiya natijasida to'sinning kesimidagi zarrachalar bir-biridan qochishga o'zaro yaqinlashishga intiladi, ana shu jarayonda hosil bo'lgan reaksiya kuchlari



zarrachalar muvozanatini saqlaydi. Zarrachalar muvozanatini saqlovchi reatssiya kuchlari ichki kuchlar yoki zo'riqish kuchlari deyiladi.

**Kansol balka** – bir tomoni bo'sh, ikkinchi tomoni maxkam qistirilgan to'sin.

**Ko'p quloqli to'sin** bir necha tayanchda yotgan statik aniqmas to'sin. Bunday to'sinning tayanchlardan biri qo'zg'almas yoki qisilgan, boshqa tayanchlari sharnirli qo'zg'aluvchan bo'lib, bir sathda joylashgan. To'sinning bikrligi butun uzunligi bo'yicha o'zgarmas.

**Kanonik tenglama** – kuchlar ta'sirining bir – biriga halal bermaslik shartidan foydalanib bosh ko'chishlar  $\Delta$  va yordamchi ko'chishlar  $\delta$  ni ma'lum qonun asosida tuzilgan tenglamaga aytiladi.

**Kesish usuli** – materiallar qarshiligida ichki kuchlarni aniqlash uchun qo'llaniladi. Uni tartibi quyidagicha: a) muvozanatda turgan jism bir tekislik bilan xayolan ikki qismga bo'linadi; b) qismlardan biri shartli ravishda tashlab yuboriladi; d) tashlab yuborilgan qismning qolgan qismga ta'sirini ichki kuchlar bilan almashtiriladi; e) qolgan qism uchun tuzilgan statik tenglamalarning biridan ichki kuchlar to'iladi.

**Kuch usuli** – statik aniqmas sistemalarni umumiy yechish usuli. Bu usul bo'yicha berilgan statik aniqmas sistema “ortiqcha” noma'lumlarni tashlash yo'li bilan statik aniq sistemaga aylantiriladi va ularni ta'siri ortiqcha noma'lum kuchlar va momentlar bilan almashtiriladi.

Statik aniqmas sistemalarda, xususan ramalarni hisoblaganda ortiqcha noma'lumlarni to'ish uchun qo'shimcha tenglamalar sifatida kuch usulining kanonik tenglamalari yoziladi.

$$\delta_{11}x_1 + \delta_{12}x_2 + \delta_{13}x_3 + \Delta_{1p} = 0$$

$$\delta_{21}x_1 + \delta_{22}x_2 + \delta_{23}x_3 + \Delta_{2p} = 0$$

$$\delta_{31}x_1 + \delta_{32}x_2 + \delta_{33}x_3 + \Delta_{3p} = 0$$

Bu tenglamalarning koeffisienti va ozod sonlari Vereshagin formulasidan aniqlanadi.

**Ko'chishlar** – jism deformasiyalanganda uning qismlari va nuqtalari o'zining joyini o'zgartirib tekislik yoki fazoda ko'chadilar. Ko'chishlar chiziqli  $\delta$  va burchakli  $\theta$  bo'ladilar.

**Ko'ndalang (kesuvchi) kuch** – to'sinning qoldirilgan qismini tashlab yuborilgan qismiga nisbatan kesuvchi kuch, ko'ndalang kuch ( $Q_y$ ) deb ataladi. Ko'ndalang kuch  $Q_y$  kesimdan bir tomonda qolgan barcha tashqi kuchlarning to'sin o'qiga normal proeksiyalari yig'indisiga teng.

$$Q_y = \sum (F_i)_y.$$

Agar to'sinning chap qismi o'ng qismiga nisbatan yuqoriga surilsa yoki to'sinning o'ng qismi chap qismiga nisbatan pastga surilsa, ko'ndalang kuch musbat, aks holda manfiy hisoblanadi.

**Ko'chishlarning o'zaro aloqadorlik teoremasi** – Maksvel teoremasi.

$$\delta_{12} = \delta_{21}.$$

Ikkinchi birlik kuch ta'siridan birinchi birlik kuch yo'nalishida hosil bo'lgan ko'chish, birinchi birlik kuch ta'siridan ikkinchi birlik kuch yo'nalishida hosil bo'lgan ko'chishga tengdir.

**O.Mor integrali.** O.Mor mashhur nemis olimi bo'lgan.

$$\Delta = \sum \int_0^l \frac{M_i \cdot M_{\kappa}}{EI_z} dx$$

Bu Mor formulasi bo'lib, har qanday elastik (chiziqli deformasiyalangan) sistemaning istalgan nuqtasidagi umumlashgan ko'chishlarini aniqlaydi.

**Mustahkamlik** – konstruksiya qismlarining yemirilmasdan turishiga qarshilik ko'rsata olish qobiliyati.

**Mustahkamlik nazariyalari** – materialni xavfli holatini aniqlovchi asosiy omil.

**Ortiqcha noma'lum reaksiya kuchlari** – berilgan elastik sistema ortiqcha bog'lanishdan ozod qilinadi. Yo'qotilgan bog'lanishlar ortiqcha noma'lum reaksiya kuchlari bilan almashtiriladi.

**Statik kuchlar** - Jismga asta- sekin qo'yiladigan, jismni tebratmagan holda noldan eng katta qiymatigacha o'sib borib, keyin o'zgarmay qoladigan kuchlar

**Statik aniq sistemalar** - noma'lum reaksiya kuchlarini statik tenglamalaridan to'ladigan sistemalar.

**Statik aniqmas sistemalar** - zo'riqish yoki reaksiya kuchlarini yolg'iz statikaning muvozanat tenglamalari yordamida to'ib bo'lmaydigan sistemalar.

**Statik moment**- ma'lum o'qqa nisbatan shakl yuzasining statik momenti deb elementar yuzachalardan shu o'qqacha masofa Ko'paytmalari yig'indisiga aytiladi.

$$S_y = \int_A z \cdot dA$$

$$S_z = \int_A y \cdot dA$$

**To'sin salqiligi** – kesim og'irlik markazining to'sin o'qiga 'er'endikulyar yo'nalishidagi ko'chishi.

**Tayanch reaksiyalari** - tayanchlarni tashlab ularni reaksiyalar bilan almashtirilgan kuchlar.

**To'plangan kuch** – konstruksiyaning juda kichik yuzasiga ya'ni nuqtaga ta'sir qiladigan kuchlar. Ular n'yutonlarda (N) da o'lchanadi.

**To'plangan moment** – kuchlarni sxemalashtirganda to'plangan momentlar, kuchlar jufti  $m$  'aydo bo'ladi, ular metrga ng'yutonlarda(N.M) da o'lchanadi.

**Ustivorlik** – deformasiyalanadigan jism yuk ostida o'zini dastlabki muvozanatdagi shaklini saqlash xususiyatiga ustivorlik (turg'un) deb ataladi.

**Uch moment tenglamasi** – yordamida Ko'p tayanchli statik aniqmas sistemalarni 'isoblashda ishlatiladi:

$$M_{n-1} \cdot l_n + 2 M_n (l_n + l_{n+1}) + M_{n+1} l_{n+1} = -6EJ(\theta_{cn} + \theta_{Bn+1})$$

Uch moment tenglamalar soni qirqilmagan to'sinning statik aniqmaslik darajasiga bog'liq va uning oraliq tayanchlari soniga teng. Tenglamalar sistemasini yechib, noma'lum tayanch momentlarini to'amiz. So'ngra har qaysi qulochni berilgan yuk va tayanch momentlari bilan yuklab, ularni alohida-alohida hisoblaymiz.

**Vereshchagin usuli** – «epyuralarni Ko'paytirish usuli» yoki Vereshchagin usuli deb ataladigan grafoanalitik usulidan foydalanilganda Mor integralini hisoblash ancha soddalashadi

$$\Delta = \sum \frac{\varpi_k \cdot M_c^0}{E \cdot I_z}$$

bunda:  $\varpi$  - har bir uchastkaga to'g'ri kelgan tashqi kuch ta'siridan hosil bo'lgan eguvchi moment epyurasining yuzi.

$M_c^0$  - birlik kuch epyurasining tashqi kuchlardan hosil bo'lgan eguvchi moment epyurasi og'irlik markaziga to'g'ri kelgan ordinatasi.

**SHarnirli qo'zg'almas tayanch** – bunday tayanchlar balka uchining hech qanday chiziqli ko'chishiga yo'l qo'ymaydi, faqat to'sining tiralgan nuqtasiga xos kesimning burilishiga imkon beradi.

**SHarnirli qo'zg'aluvchan tayanch** – bunday tayanchlar to'sin uchining gorizonta ko'chishiga va to'sin ko'ndalang kesimining burilishiga qarshilik ko'rsatmaydi.

**Hisoblash tarhi**- inshootning soddalashtirilgan tasviri bo'lib, unda yuk ta'siridagi inshootning asosiy ko'rsatkichlari mujassamlashtirilgan bo'ladi. Ularda sterjenlar-o'qlar bilan, 'lastinkalar o'rta sirtlar bilan, real tayanchlar ideal tayanchlar bilan almashtiriladi.

**Sterjen**-ko'ngdalang kesim o'lchamlari uzunligiga nisbatan ancha kichik bo'lgan elementga aytiladi.

**Tayanch**-inshootning 'oydevor yoki zamin bilan birikkan qismiga aytiladi.

**Intensivlik**- uzunlik birligiga to'g'ri keladigan yuk miqdori tushuniladi va u kN/m bilan o'lchanadi.

**Sterjenli sistemalar**- alohida sterjenlarning tugunlarda o'zaro biriktirish yo'li bilan hosil qilingan qurilmalarga aytiladi.

**Geometrik o'zgarmas sterjenlar**-o'zining geometrik shaklini alohida sterjenlarning deformasiyalanishii hisobiga o'zgartiradigan sistemalariga aytiladi. Uchburchak sistema eng oddiy geometrik o'zgarmas sistema hisoblanadi.

**Oniy o'zgaruvchan sistemalar**- bir o'q ustida yotuvchi ikki sterjeng' va uch sharnirdan tashkil to'gan sistemalariga aytiladi.

**Erkinlik darajasi**- Nuqta yoki sistemaning holatini belgilovchi geometrik parametrlar soni erkinlik darajasi deyiladi. Sterjenli sistemaning erkinlik darajasini aniqlaydigan formula quyidagicha ifodalanadi:  $W = 3D - 2III - C$

**Bog'lanish**- Disk yoki sterjenning erkinlik darajasiga chek qo'yadigan har qanday qurilmaga aytiladi. SHarnirlar va tayanch sterjenlari bog'lanish hisoblanadi.

**Umumlashgan epyura**-Zo'riqishlarni aniqlangan qiymatlarini yagona masshtabda bir o'q ustiga joylashtiriladi va tutash chiziq bilan biriktirilishidan hosil bo'lgan tasvirdir.

**Ta'sir chiziqlar**- Inshoot bo'ylab birlik kuch ( $P = 1$ ) harakatlanganda, inshoot qismlarida kuch omillarining o'zgarishini ifodalovchi grafik. Ta'sir chiziqlarni chizishning statik va kinematik usullari mavjud.

**Ko'p oraliqli statik aniq balkalar**- bir oraliqli konsolli balkalarni sharnirlar vositasida biriktirish yo'li bilan hosil qilinadi. Ko'p oraliqli sharnirli balkalar yondosh oraliqlarni yo'ishda qo'llaniladi.

**Ferma**-bikr tugunlarni sharnirlar bilan almashtirilganda, o'zining geometrik o'zgarماسligini saqlab qoluvchi sterjenli sistemalariga aytiladi. Fermalar balkalarning takomillashgan bir ko'rinishi bo'lib, balkalar o'taydigan vazifani bajaradi.

**Yassi fermalar**- fermaning barcha sterjenlari yoki ularning o'zlari bir tekislikda joylashsa, teiks yoki yassi fermalar deb, bir tekislikda joylashmasa fazoviy fermalar deyiladi.

**Uch sharnirli sistema**-uch diskni uch sharnir yordamida biriktirish tufayli hosil bo'lgan sistemaga aytiladi. Bunda uchinchi disk sifanida yer qabul qilinadi.

**Kerkili sistema**-uch sharnili sistema tayanchlarida vujudga keladigan gorizontal bosim va unga qarshi reaksiya kerki nomi bilan yuritiladi. Sistemaning o'zi esa kerkili sistema deyiladi.

**Maqbul o'qli arka**- eguvchi momentlari nolga teng bo'lgan arka o'qi maqbul o'q deyiladi. Arkaning o'zi esa maqbul o'qli arka deyiladi.

**Klapeyron teoremasi**- Tashqi kuchlar bajargan haqiqiy ish kuch bilan shu kuch vujudga keltirgan ko'chishning Ko'paytmasining yarmiga teng.

$$A = \frac{1}{2} \sum P_i \Delta_i$$

**Asosiy sistema**-statik aniq va geometrik o'zgarmas bo'lib, u berilgan sistemadagi ortiqcha bog'lanishlarni tashlab yuborish yo'li bilan hosil qilinadi. Har qanday statik aniqmas sistemani yechishda asosiy sistema tanlab olinadi.

**Bosh ko'chishlar**- bir xil indeksli birlik ko'chishlar ( $\delta_{11}, \delta_{22}$ ) ning ishoralari hamisha musbat bo'ladi. SHu sababli ular g'ech qachon nolga aylanmaydi va hamma vaqt tenglamada ishtirok etadi.

**Ikkinchi darajali ko'chishlar**-turli indeksli ko'chishlar ( $\delta_{12}, \delta_{21}$ ) esa musbat va manfiy ishoralarga ega bo'lishi va demak, nol bo'lishi ham mumkin. SHuning uchun ular ikkinchi darajali ko'chishlar deyiladi.

**Deformatsion tekshirish**- ortiqcha noma'lumlarni aniqlashda yo'l qo'yilgan xatolarni 'ayqash imkonini beradi. Hisob natijalarini deformatsion tekshirishda asosiy sistemalarga qurilgan birlik epyuralar ramaning tugal M epyurasi bilan navbatma-navbat Ko'paytiriladi. Agar ortiqcha noma'lumlar to'g'ri aniqlanib, epyura to'g'ri qurilgan bo'lsa, bunday Ko'paytma nolga teng bo'ladi.

**Uzluksiz balka**- bir necha oraliqlardan tashkil to'gan va chekka tayanchlardan biri sharnirli qo'zg'almas yoki bikr bo'lgan balkaga aytiladi. Bunday balkalarning statik aniqmaslik darajasi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$n = 2III + C - 3D$$

**Qurilish mexanikasi**- konstruksiya va inshootlarning mustahkamligi, bikrli va ustivorligini g'isoblash tamoyillari hamda metodlari to'g'risidagi fandir.

**Tekshirish hisobi**- Agar inshoot elementlarining materiali va o'lchamlari ma'lum bo'lsa, aniqlangan ichki zo'riqish kuchlari va deformatsiyalar miqdoriga ko'ra har bir element va butun inshootning mustahkamligi, bikrligi va ustivorligini tekshirish mumkin. Bunday hisoblash usuli tekshirish hisobi deyiladi.

**Loyihalash hisobi**- Agar inshoot elementlarining o'lchamlari noma'lum bo'lsa, aniqlangan ichki zo'riqish kuchlari va deformatsiyalar miqdoriga ko'ra har bir element va butun inshootning mustahkamligi, bikrligi va ustivorligini tekshirish mumkin. Bunday hisoblash usuli loyihalash hisobi deyiladi

**Massiv**- Massivning uzunligi va ko'ngdalang kesim o'lchamlari bir xil bo'ladi. Massiv inshootlar jumlasiga to'g'onlar, tirgak devorlar kiradi.

**Rama**- bir-biriga bikr qilib biriktirilgan sterjenlardan tashkil to'gan sistemaga aytiladi.

**Kombinatsiyalashgan inshootlar**- bir -biri bilan g'ikr va sharnirli birikma orqali bog'langan elementlardan tuzilgan inshootga aytiladi.

**Qistirib mahkamlangan tayanch**-bunday tayanchlar kinematik nuqtai nazardan chiziqli va burchakli ko'chishlarga qarshilik ko'rsatadi. Qistirib mahkamlangan tayanchlarda statik jihatdan vertikal va gorizonta tuzuvchilarga ajraluvchi reaksiya kuchi bilan reaktiv moment hosil bo'ladi.

**Ekvivalent yuk**- Inshoot ustidagi harakatlanuvchi kuchlar sistemasi noqulay vaziyatda turgan vaqtidagi ekstremal zo'riqishga yetng bo'lgan zo'riqish hosil qiluvchi tekis taralgan yuk ekvivalent yuk deyiladi.

**Shprengelli fermalar**- agar ferma belbog'lari tugunlarining orasidagi masofa katta bo'lsa, belbog'ning har bir sterjenini mustaqil fermachalar bilan almashtirish mumkin. Bunday fermalar Shprengelli fermalar deyiladi.

**Statik aniqmas sterjenli sistemalar**- elemenlarida tashqi kuchlardan hosil bo'ladigan zo'riqish va reaksiya kuchlarini faqatgina statikaning muvozanat tenglamalari yordamida aniqlab bo'lmaydigan sistemalarga aytiladi. Statik aniqmas sistemaning ortiqcha bog'loqchilar soni shu sistemaning aniqmaslik darajasi deyiladi.

**Tutash balkalarning statik aniqmaslik darajasi** quyidagi formula orqali aniqlanadi:  
 $C_A = 2III + C_T - 3D$ ,  $C_A = n - I$ ,  $S_A = S_T - 3$

**Erkin ramalar**- Tugunlari burchakli va chiziqli ko'chishlarga ega bo'lgan ramalar

**Statik noaniq sistemalar quyidagi xossalarga ega:** Bunday sistemalar o'ziga xos statik aniq sistemalarga nisbatan tejamkor bo'ladi.

Bunay sistemalarda biror ortiqcha bog'lanishning shikastlanishi inshootning butunlay ishdan chiqishiga olib kelmaydi. Bunday sistemalar statik aniq sistemalarga nisbatan bikrligi yuqoriroq

bo'ladi. Bunday sistemalarda hororatni o'zgarishi natijasida qo'shimcha zo'riqishlar 'aydo bo'ladi.

**Moment fokusi**-tutash balkaning yuklanmagan prolyotlaridagi tayanch momentlarining miqdori yuklangan prolyotdan boshlab kamayib boradi va moment chizig'i har bir prolyotni ma'lum nuqtada kesib o'tadi hamda bu nuqtada eguvchi moment nolga teng bo'ladi. Yuklanmagan prolyotdagi eguvchi moment  $M(x)$  nolga teng bo'lgan nuqta moment fokusi deyiladi.

**Ikki sharnirli arka**-ikki uchi sharnir vositasida tayanchlarga tiralgan egri brus bo'lib, ubir marta statik aniqmas sistemadir. Statik aniqmas arkalar temir yo'llar va oddiy Ko'priklarning konstruksiyalari sifatida qo'llaniladi.

**Erkinmas ramalar**- Bunday ramalar tugunlarining chiziqli ko'chishi nolga teng bo'ladi ( $n_\delta = 0$ ). Erkinmas ramalarning kinematik aniqmaslik darajasi ular tugunlarining burchakli ko'chishlari soniga teng bo'ladi.

**Ko'chishlar usulining kanonik tenglamasi**-

$$r_{11}Z_1 + r_{12}Z_2 + r_{13}Z_3 + R_{1p} = 0;$$

$$r_{21}Z_1 + r_{22}Z_2 + r_{23}Z_3 + R_{2p} = 0;$$

$$r_{31}Z_1 + r_{32}Z_2 + r_{33}Z_3 + R_{3p} = 0;$$

**Ekvivalent sistema** – asosiy sistemaga tashqi yuklarni va olib tashlangan ortiqcha bog'g'lanishlarda hosil bo'lgan zo'riqish kuchlarini qo'yib hosil qilingan sistemaga aytiladi.

**Ekstsensitet** – kuch qo'yilgan nuqta qutbdan kesimning og'irlik markazigacha bo'lgan masofa.

**Ichki kuchlarni ishi** – jism deformasiyalanish jarayonida ichki elastik kuchlar ish bajaradi. Ichki kuchlarni ishlarini ishorasi manfiy, chunki ular ko'chishlarga teskari yo'nalgan. Bo'ylama kuch  $N$  doimiy, elastiklik moduli  $E$ , ko'ndalang kesim yuzasi  $A$  bo'lsa, ichki kuchlarning ishi

$$W_f = \frac{N^2 \cdot l}{2EA} - \text{ga teng.}$$

**Ishlarni o'zaro aloqadorlik teoremasi (Betti).** Birinchi holatdagi kuchlarning ikkinchi holatdagi ko'chishlarga sarflangan ishi ikkinchi holatdagi kuchlarning birinchi holatdagi ko'chishlarga sarflangan ishiga tengdir.

$$F_1 \cdot \Delta_{12} = F_2 \cdot \Delta_{21}$$

**Fazoviy fermalar**- geometrik o'zgarmas bo'lganda bitta jismni tashkil qilgan uchun u bir-biriga bog'liqmas holda o'zgara oladigan 6 ta geometrik parametrga (uchta kooordinatalar o'qi atrofida burilish va shu o'qlar yo'nalishida ko'chish) imkoni ega bo'ladi. Bunda fazoviy fermaning erkinlik darajalar soni 6 ga tengdir.

**Statik aniqmas sistemalarni statik tekshirish**- Ramadan tugunlar qirqib olinib, qolgan qismining unga ta'siri tegishli zo'riqishlar  $M$ ,  $Q$ ,  $N$  bilan almashtiriladi-da. Muvozanat tenglamasi tuziladi.

$$\sum X = 0, \quad \sum Y = 0, \quad \sum M = 0$$

**Balka**-ikki tomonitayanchlar bilan mahkamlangan sterjenga aytiladi.

**Murakkab sharnir**- Ikki diskni birlashtiruvchi sharnir oddiy, ikkilan ortiq diskni birlashtiruvchi sharnir esa murakkab sharnir deyiladi. Murakkab sharnirda sharnirlar soni disklar sonidan bitta kam bo'ladi.

$$SH=D-1$$

**prolyot**- ikki tayanch orasidagi masofa.

**Burchakli bog'lanishlar**-rama tugunlarining burchakli ko'chishlariga qarshilik ko'rsatuvchi bog'lanishlarga aytiladi.

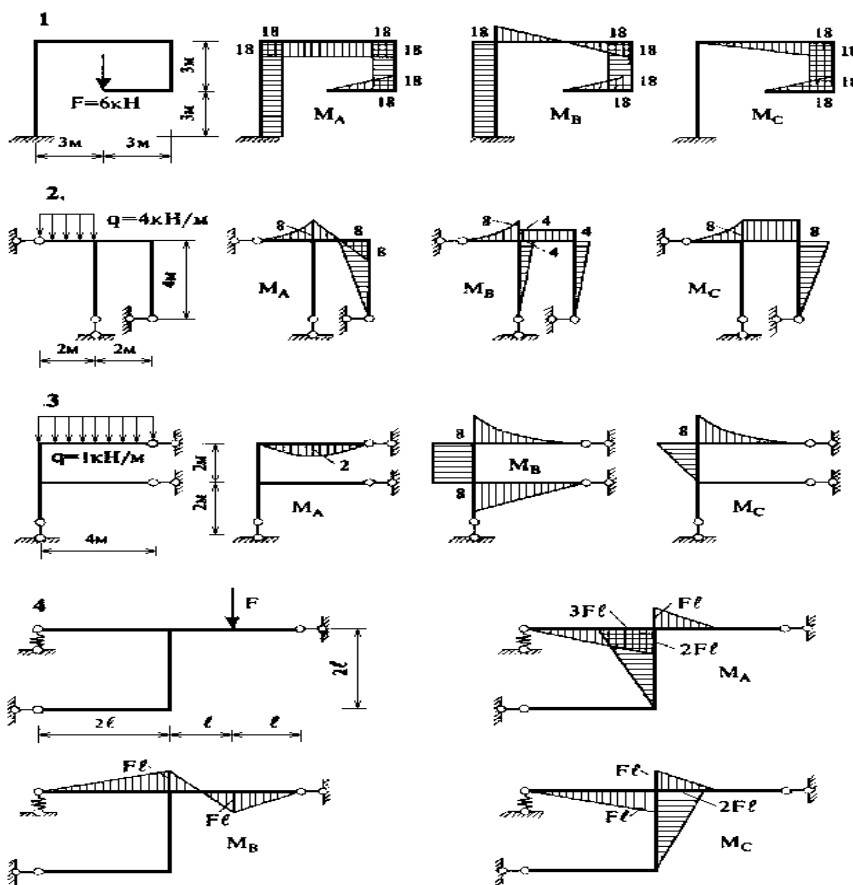
**CHiziqli bog'lanishlar**-rama tugunlarini ko'chishlariga qarshilik ko'rsatuvchi bog'lanishlarga aytiladi.

**Foydali yuklar-** inshoot qabul qilishi lozim bo'lgan yuklar. Bularga misol qilib odamlar, asbob-uskunalar, avtomobillar, stanoklarni kiritish mumkin.

## Keyslar banki

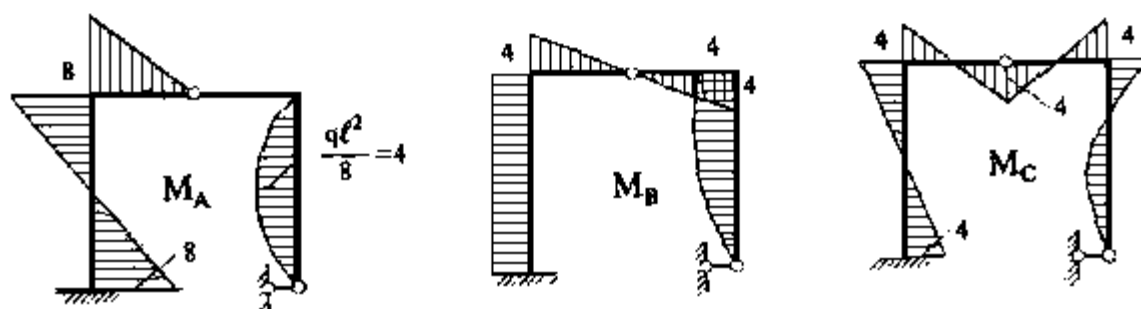
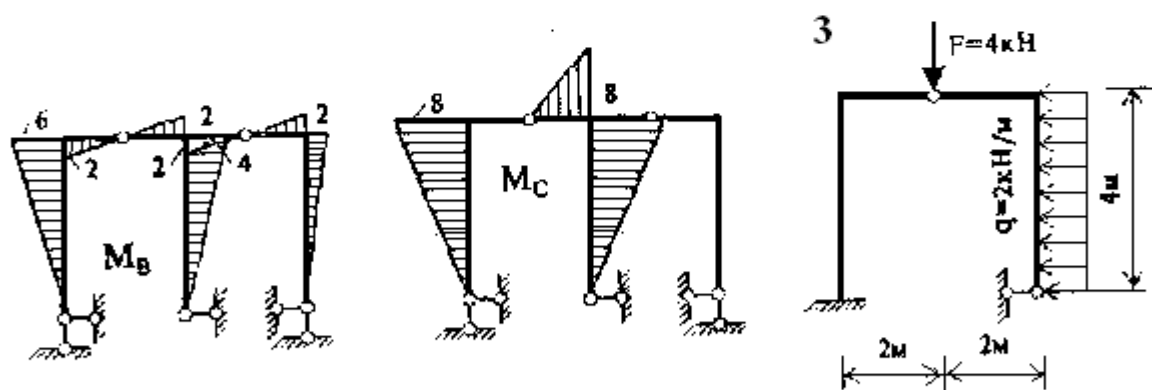
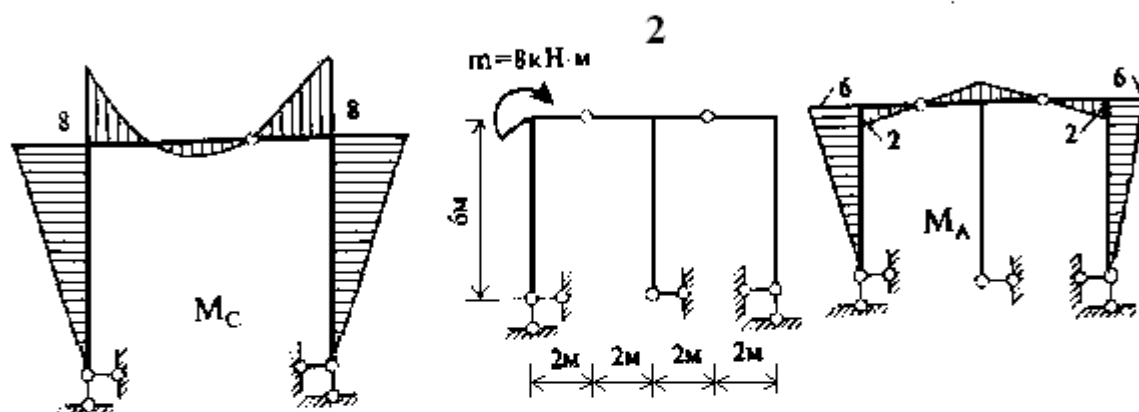
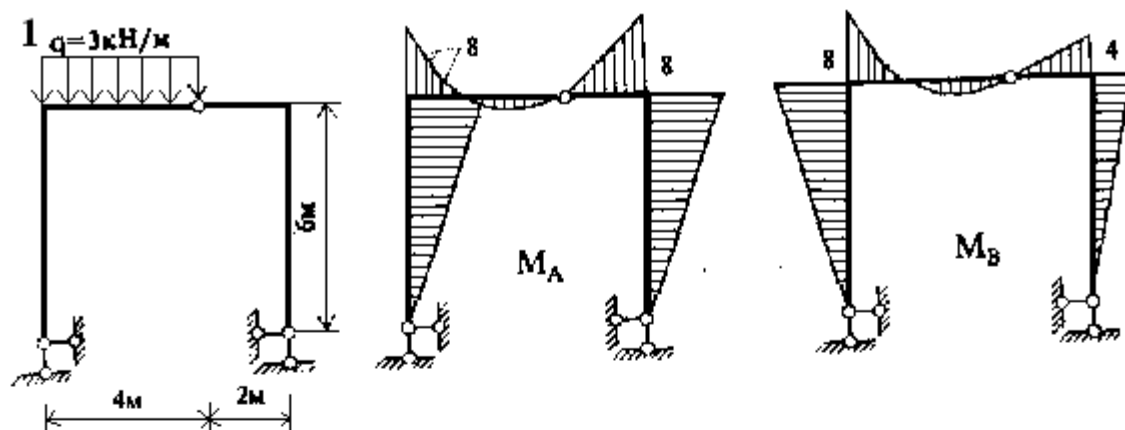
### 1-keys

Hisoblamasdan uchala moment epyuralaridan to'g'risi ko'rsatilsin va nima uchun qolganlari noto'g'riligi tushuntirilsin.



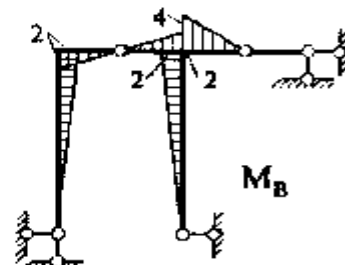
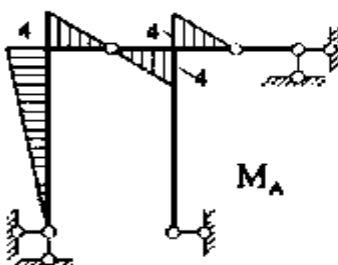
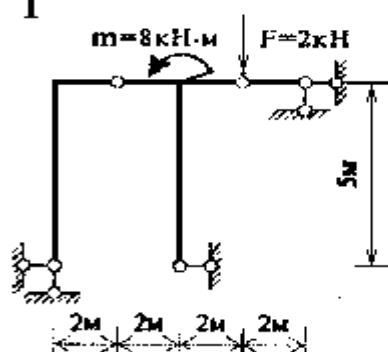
### 2-keys

Hisoblamasdan uchala moment epyuralaridan to'g'risi ko'rsatilsin va nima uchun qolganlari noto'g'riligi tushuntirilsin.

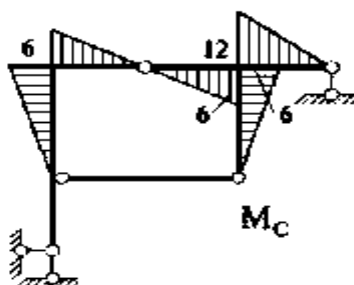
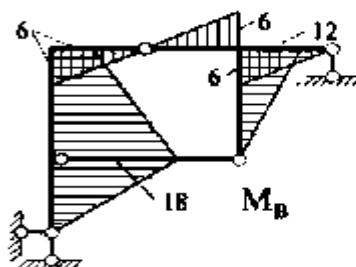
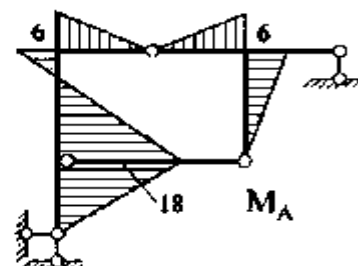
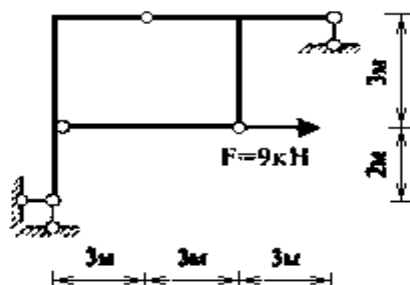
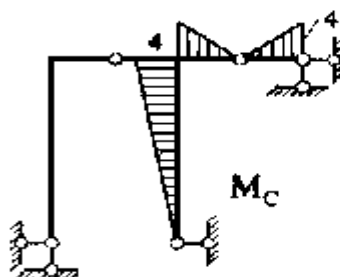


Hisoblamasdan uchala moment epyuralaridan to'g'risi ko'rsatilsin va nima uchun qolganlari noto'g'riligi tushuntirilsin.

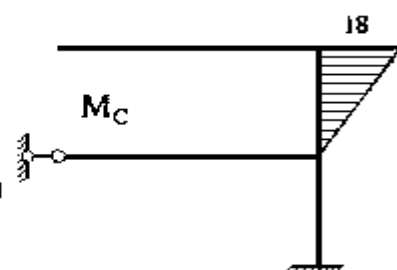
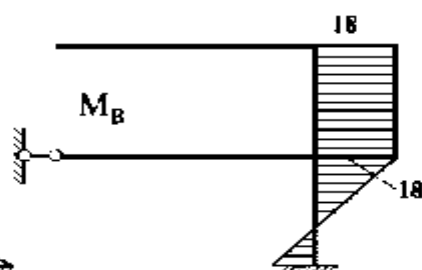
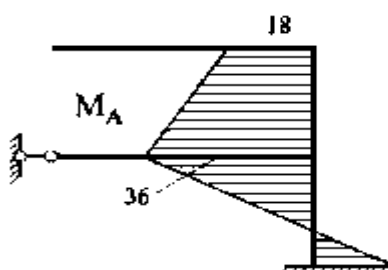
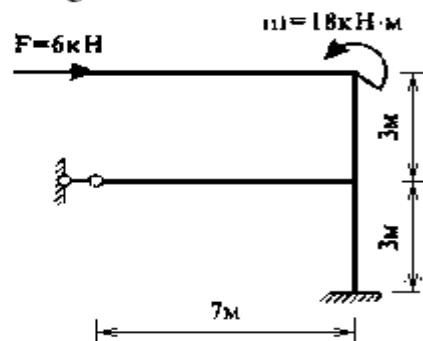
1



2



3





## **4. Ilovalar**

### **1.1. Fan dasturi**

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIV TA'LIM, FAN INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

**NAMANGAN MUHANDISLIK-QURILISH INSTITUTI**

Ro'yxatga olindi: № 322

**"TASDIQLAYMAN"**

2023 yil " 4 " 07

NamMQL rektori

Sh. Ergashev

2023 yil " 4 " 07

**QURILISH MEXANIKASI VA KONSTRUKSIYALARI  
fanining  
O'QUV DASTURI**

Bilim sohasi: 700 000 – Muhandislik, ishlov berish va qurilish sohalari  
Ta'lim sohasi: 730 000 – Arxitektura va qurilish  
Ta'lim yo'nalishi: 60730800 – Yo'l muhandisligi (avtomobil yo'llarini  
ekspluatatsiyasi)

**NAMANGAN-2023**

|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                     |                 |                                                |                           |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------|---------------------------|
| Fan/modul kodi<br>QMK15(6)12 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | O'quv yili<br>2023-2024             | Semestr<br>5, 6 | Kreditlar<br>5-sem- 6; 6-sem - 6               |                           |
| Fan/modul turi<br>Majburiy   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Ta'lim tili<br>O'zbek               |                 | Haftadagi dars soatlari<br>5-sem- 6; 6-sem - 6 |                           |
| 1.                           | Fanning nomi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Auditoriya<br>mashg'ulotlari (soat) |                 | Mustaqil ta'lim<br>(soat)                      | Jami<br>yuklama<br>(soat) |
|                              | Qurilish mexanikasi va<br>konstruksiyalari                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 44+46=90<br>46+30+14=90             |                 | 90<br>90                                       | 180<br>180                |
| 2.                           | <div>I. Fanning mazmuni</div> <p>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 hamda bino, inshootlar konstruksiyalarini loyihalash va hisoblash asoslari va ularning konstruktiv elementlari bo'yicha nazariy va amaliy bilim, ko'nikma va malakalarni shakllantirishdan iborat.</p> <p>Fanning vazifasi - talabalarda inshootlarni loyihalash jarayonida asosiy masalalardan biri hisoblangan loyiha-konstruktorlik hisoblari hamda talabalarga binolarni qurish va barpo etishda bino loyihasidan foydalana olishni, qurilish amaliyotida bino va inshootlar konstruksiyalarini iqtisodiy jihatdan samarali yechim variantini topa olishni o'rgatishdan iborat.</p> <div>II. Asosiy nazariy qism (ma'ruza mashg'ulotlari)</div> <div>II.I. Fan tarkibiga quyidagi mavzular kiradi:</div> <div>5-semestr (Qurilish mexanikasi)</div> <div>1-mavzu. Qurilish mexanikasi faniga kirish</div> <p>Qurilish mexanikasi fanining mohiyati va usullari. Qurilish mexanikasi fanining qisqacha rivojlanish tarixi va boshqa fanlar bilan uzviy bog'liqligi.</p> <div>2-mavzu. Inshootlar hisoblash sxemalari va ularning turlari</div> <p>Inshootlar hisoblash sxemalarini tanlash. Inshootlar klassifikatsiyasi. Inshootlarga ta'sir etuvchi yuklar va ularning klassifikatsiyasi.</p> <div>3-mavzu. Inshootlar hisoblash sxemalarining kinematik analizi</div> <p>Tayanchlar va ularning turlari. Geometrik o'zgarmas, o'zgaruvchan va oniy o'zgaruvchan sistemalar. Sistemalarning erkinlik darajasi. Sterjenli sistemalarning geometrik o'zgarmasligining zaruriy sharti.</p> <div>4-mavzu. Oddiy va konsol balkalarda zo'riqishlarning ta'sir chiziqlari</div> <p>Harakatlanuvchi yuklar va ta'sir chiziqlari haqida tushuncha. Oddiy va konsol balkalarda zo'riqishlarning ta'sir chiziqlari. Ta'sir chiziqlari yordamida zo'riqishlarni aniqlash.</p> <div>5-mavzu. Ko'p oraliqli statik aniq balkalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash</div> <p>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.</p> |                                     |                 |                                                |                           |

**6-mavzu. Ko‘p oraliqli statik aniq balkalarni harakatlanuvchi yuklar ta‘siriga hisoblash**

Ko‘p oraliqli balka zo‘riqlashlarining ta‘sir chiziqlarini chizish. Ko‘p oraliqli balka zo‘riqlashlarini ta‘sir chiziqlari yordamida aniqlash.

**7-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 proektsiyalash usullari. Ferma sterjenlaridagi zo‘riqlashlarni aniqlash.

**8-mavzu. Statik aniq tekis fermalarni harakatlanuvchi yuklar ta‘siriga hisoblash**

Ferma sterjenlari zo‘riqlashlari uchun ta‘sir chiziqlarini chizish. Ta‘sir chiziqlari orqali sterjenlardagi zo‘riqlash kuchlarini aniqlash.

**9-mavzu. Shprengelli fermalarni hisoblash**

Shprengelli fermalar to‘g‘risida tushunchalar. SHprengelli ferma sterjenlarini toifalari. SHprengelli fermalarni harakatlanuvchi yuklar ta‘siriga hisoblash.

**10-mavzu. Uch sharnirli arkalarni qo‘zg‘almas va harakatlanuvchi yuklar ta‘siriga hisoblash**

Uch sharnirli sistemalar to‘g‘risida umumiy tushunchalar. Uch sharnirli arkalarni qo‘zg‘almas yuklar ta‘siriga hisoblash. Uch sharnirli arka zo‘riqlash kuchlarining ta‘sir chiziqlari.

**11-mavzu. Elastik sistemalardagi ko‘chishlarni aniqlash**

Elastik sistemalarda ko‘chishlar. Qurilish mexanikasining ba‘zi asosiy teoremlari. Ko‘chishlarni aniqlash formulalari.

**12-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 noaniqlik darajasi.

**13-mavzu. Statik noaniq ramalarni kuchlar usulida hisoblash**

Kuchlar usulining mohiyati va noma‘lumlari. Kuchlar usulining asosiy sistemasi. Kuchlar usulining kanonik tenglamalari. Kuchlar usulining kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlarini aniqlash.

**14-mavzu. Kuchlar usulining kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlarini tekshirish**

Natijaviy eguvchi moment, ko‘ndalang va bo‘ylama kuchlarni aniqlash.

**15-mavzu. Simmetrik ramalarni kuchlar usulida hisoblash**

Umumiy tushunchalar. Statik noaniq simmetrik ramalarni simmetrikligidan foydalanish. Simmetrik rama noma‘lumlarini guruhlash usuli. Simmetrik ramaga quyilgan tashqi yuklarni simmetrik va nosimmetrik yuklarga ajratish usuli.

**16-mavzu. Statik noaniq arkalarni hisoblash**

Umumiy tushunchalar. Ikki sharnirli arkalarni kuchlar usulida hisoblash. Sharnirsiz arkalarni kuchlar usulida hisoblash.

**17-mavzu. Statik noaniq fermalarni hisoblash**

Statik noaniq fermalar to‘g‘risida umumiy tushunchalar. Statik noaniq fermalarni hisoblash usullari.

**18-mavzu. Uzlüksiz balkalarni hisoblash**

Uzluksiz balkalar to'g'risida umumiy tushunchalar. Uzluksiz balkalar hisobiga kuchlar usulining tadbir'i. Asosiy sistemani tanlash. Uch moment tenglamasi. Uzluksiz balkalardagi eguvchi moment, ko'ndalang kuch va tayanch reaksiyalarini aniqlash.

**19-mavzu. Uzluksiz balkalarni hisoblashning moment fokuslar usuli** 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.

**20-mavzu. Statik noaniq ramalarni ko'chishlar usulida hisoblash**

Ko'chishlar usulining mohiyati va noma'lumlari. Kinematik noaniqlik darajasi. Ko'chishlar usulining asosiy sistemasi. Ko'chishlar usulining kanonik tenglamalari.

**21-mavzu. Ko'chishlar usulining kanonik tenglamasi**

Ko'chishlar usulining kanonik tenglama koeffitsientlarini va ozod hadlarini aniqlash. Kuchlar usulining kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlarini tekshirish.

**22-mavzu. Natijaviy eguvchi moment epyuralarini chizish va tekshirish**

Natijaviy eguvchi moment epyurasini chizish va tekshirish. Ko'ndalang va bo'ylama kuchlar epyuralarini chizish.

**6-semestr (Qurilish konstruksiyalari)**

**1-mavzu: Qurilish konstruksiyalarini hisoblash va loyihalash tartibi**

Qurilish konstruksiyalarini hisoblash va loyihalashning maqsadi va vazifalari. Qurilish konstruksiyalarini hisoblash va loyihalash. Hisoblash bosqichlari. Qurilish konstruksiyalarga qo'yilgan talablar: funktsional, texnik, iqtisodiy va konstruktiv.

**2-mavzu: Qurilish konstruksiyalarni chegaraviy holatlar bo'yicha hisoblash. Yuklar va ta'sirlar**

Qurilish konstruksiyalarini hisoblashning rivojlanish tarixi. Birinchi guruh chegaraviy holat bo'yicha hisoblash. Ikkinchi guruh chegaraviy holat bo'yicha hisoblash. Chegaraviy holatlar usulining mohiyati. Qurilish konstruksiyalarga ta'sir etadigan yuklarning turlari. Doimiy yuklar. Me'yoriy yuklar. Hisobiy yuklar. Yuklar jamlamasi.

**3-mavzu: Temirbeton konstruksiyalar haqida umumiy ma'lumotlar**

Temirbetonning mohiyati. Temirbeton konstruksiyalar rivojlanish tarixi. Temirbetonning afzallik va kamchiliklari. Temirbeton konstruksiyalarning ishlatilish soxalari.

**4-mavzu: Betonning fizik-mexanik xossalari**

Betonning mustahkamligi. Betonning kub mustahkamligi. Betonning prizma mustahkamligi. Betonning deformatsiyasi. Betonning sinfi va markalari. Betonlarning mustahkamlik va deformativ xarakteristikalar.

**5-mavzu: Armaturaning fizik-mexanik xossalari**

Temirbeton konstruksiyalar kesim yuzasida bajaradigan vazifasiga ko'ra armaturalarning turlari. Armaturaning sortamenti. Armaturaning fizik-mexanik xossalari. Armaturalash usullari. Po'lat armaturaning mustahkamlik va deformativ xarakteristikalar.

**6-mavzu: Temirbeton konstruksiyalarning kuchlanish deformatsiyalanish holatining uch bosqichi**

Temirbeton konstruksiyalarning kuchlanish deformatsiyalanish holatining birinchi bosqichi. Temirbeton konstruksiyalarning kuchlanish deformatsiyalanish holatining ikkinchi bosqichi. Temirbeton konstruksiyalarning kuchlanish deformatsiyalanish holatining uchinchi bosqichi.

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p><b>7-mavzu: Oldindan zo‘riqtirilgan temirbeton konstruktsiyalar haqida umumiy ma’lumotlar va ularni. Oldindan zo‘riqtirilgan temirbeton konstruktsiyalarni loyihalash</b></p> <p>Oldindan zo‘riqtirilgan temirbetonning mohiyati. Oldindan zo‘riqtirilgan temirbetonning afzalliklari. Armaturani taranglash usullari: mexanik, termik va termomexanik. Oldindan zo‘riqtirilgan temirbeton elementlar armaturasidagi kuchlanishlarni yo‘qotilishi. Oldindan zo‘riqtirilgan temirbeton elementlardagi kuchlanishlarni aniqlash.</p> <p><b>8-mavzu: Egiluvchi temirbeton elementlarini loyihalashning o‘ziga xos usullari</b></p> <p>Plitalar to‘g‘risida umumiy ma’lumotlar va ularni loyihalash. To‘sinlar to‘g‘risida umumiy ma’lumotlar. Oldindan zo‘riqtirilgan temirbeton elementlarni loyihalash.</p> <p><b>9-mavzu: Egiluvchi temirbeton elementlarni normal kesimlar bo‘yicha mustahkamlikka hisoblash</b></p> <p>Yakka armaturali to‘g‘ri to‘rtburchak kesimli elementlar. To‘g‘ri to‘rtburchakli kesimlarni jadval bo‘yicha hisoblash. Tavr shakl kesimli elementlarni hisoblash. Qo‘sh armaturali kesimlarni hisoblash. Armaturalash foizini belgilash.</p> <p><b>10-mavzu: Egiluvchi temirbeton elementlarni og‘ma kesimlar bo‘yicha mustahkamlikka hisoblash</b></p> <p>Og‘ma kesimlarga ko‘ndalang kuchlarni ta’siri. Og‘ma kesimlarga eguvchi momentlar ta’siri. Armaturalash.</p> <p><b>11-mavzu: Siqilishga ishlaydigan temirbeton elementlarni loyihalashning o‘ziga xos xususiyatlari</b></p> <p>Siqiluvchi elementlar to‘g‘risida umumiy ma’lumotlar. Siqilishga ishlaydigan elementlarni loyihalash va armaturalash. Ko‘ndalang armatura. Element egilishini hisobga olish. Tasodifiy yelkali elementlarni loyihalash</p> <p><b>12-mavzu: Siqilishga ishlaydigan temirbeton elementlarni mustahkamlikka hisoblash</b></p> <p>Normarkaziy siqilgan temirbeton elementlarni hisoblash. Siqiluvchi elementlar armaturasining talab etilgan ko‘ndalang kesim yuzasini aniqlash. Siqiluvchi elementlarning hisobiy sxemalari.</p> <p><b>13-mavzu: Qobirg‘ali monolit temirbeton orayopmalar. Yassi temirbeton orayopmalar</b></p> <p>Monolit plita hisobi va uni armaturalash. Ikkinchi darajali to‘sin hisobi va uni armaturalash. Bosh to‘sin hisobi va uni armaturalash. To‘sinli yig‘ma orayopmalar. Yig‘ma yopmaning tuzilishini belgilash (kompanovka qilish). To‘sinli yig‘ma orayopmaning konstruktiv sxemasi. Yig‘ma temirbeton panellarni hisoblash va loyihalash.</p> <p><b>14-mavzu: Zamin va poydevorlar</b></p> <p>Zamin va poydevorlarni loyihalash va hisoblash asoslari. Zaminlarni yuk ko‘tarish qobiliyati bo‘yicha hisoblash. Poydevor turlari. Sayoz joylashgan poydevorlarni loyihalash qoidalari. Markaziy yuk ta’siridagi bikir poydevorlarni tag yuzasi o‘lchamlarini hisoblash. Normarkaziy yuklangan poydevorlar va egilishga ishlaydigan poydevorlarni hisoblash asoslari.</p> <p><b>15-mavzu: Tosh-g‘isht va armatosh konstruktsiyalar</b></p> <p>Tosh-g‘isht konstruktsiyalarni rivojlanish tarixi. Tosh-g‘isht konstruktsiyalar uchun ishlatiladigan materiallar. Tosh-g‘isht konstruktsiyalarni hisoblash. Armatosh konstruktsiyalarning o‘ziga xos konstruktiv xossalari. Armatosh konstruktsiyalarni hisoblash asoslari. To‘rsimon armaturalanadigan elementlarni hisoblash.</p> <p><b>16-mavzu: Metall konstruktsiyalar to‘g‘risida umumiy ma’lumotlar. Metall</b></p> |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## **konstruktsiyalarida ishlatiladigan po‘latning asosiy xususiyatlari**

Metall konstruktsiyalarning rivojlanish tarixi. Metall konstruktsiyalarni ishlatish sohalari. Metall konstruktsiyalarning o‘ziga xos xususiyatlari. Loyihalashtirishning tashkiliy shakli. Po‘lat asosiy xususiyatlari. Uglerodli po‘latlar. Ishlov berilgan po‘latlar. Ishlab chiqarilishiga ko‘ra turlari. Kafolatlanish guruhleri. Po‘lat tarkibidagi ishlov beruvchi qo‘shimchalar, zararli aralashmalar. Po‘latning markalanishi. Po‘latning mustahkamligi bo‘yicha turlari.

### **17-mavzu: Po‘latning statik yuk ostida ishlashi. Po‘lat sortamenti**

Po‘lat asosiy xususiyatlari. Uglerodli po‘latlar. Ishlov berilgan po‘latlar. Ishlab chiqarilishiga ko‘ra turlari. Kafolatlanish guruhleri. Po‘lat tarkibidagi ishlov beruvchi qo‘shimchalar, zararli aralashmalar. Po‘latning markalanishi. Po‘latning mustahkamligi bo‘yicha turlari. Po‘latning statik yuk ostida cho‘zilish va siqilishga ishlashi. Turli toifadagi po‘latlarning cho‘zilish diagrammasi. Po‘latning me‘yoriy va hisobiy qarshiliklari. Po‘lat sortamenti xaqida umumiy ma‘lumotlar. Prokat profillar: burchakliklar, qo‘shavrlar, shvellerlar. Po‘lat listlar: yupqa listli, qalin listli, universal. Egib tayyorlanadigan profillar.

### **18-mavzu: Metall konstruktsiyalarni hisoblash asoslari**

Cho‘zilishga ishlaydigan elementlarni hisoblash. Markaziy siqilishga ishlaydigan elementlarni hisoblash va egilishga ishlaydigan elementlarni hisoblash.

### **19-mavzu: Metall konstruktsiya birikmalari. Payvand birikmalar va ularni hisoblash**

Payvand birikmalar turlari: tutash, ustma-ust, burchak, tavr va murakkab. Payvandlash usullari to‘g‘risida qisqacha ma‘lumot. Elektr yoyi yordamida dastaki, avtomatik va yarim avtomatik payvandlash. Elektroshlak usuli bilan payvandlash. Himoyalovchi gazlar muhitida payvandlash. Gaz alangasida payvandlash. Tutash chokni hisoblash. Burchak chokli payvand birikmalarni bo‘ylama va ko‘ndalang kuchlar ta‘siriga chok bo‘yicha va chok chegarasi bo‘yicha hisoblash.

### **20-mavzu: Boltli va parchin mixli birikmalar**

Boltli birikmalar va ularning turlari. Parchin mixli birikmalar va ularning turlari. Boltli birikmalarni hisoblash. Boltlarni birikmalarda joylashtirilishi.

### **21-mavzu: Metall to‘sinlarni loyihalash va hisoblash**

Metall to‘sinli konstruktsiyalar. Prokat to‘sinlarni hisoblash tartibi. Alohida elementlardan tayyorlangan to‘sinlarning hisobi.

### **22-mavzu: Metall ustunlarni loyihalash va hisoblash**

Ustunlarni asosiy o‘rta qismlari (tana) ni loyihalash va hisoblash. Ustunlarni bosh qismlarini loyihalash va hisoblash. Ustunlarning asosini loyihalash va hisoblash.

### **23-mavzu: Metall fermalarni loyihalash va hisoblash**

Metall fermalarni turlari. Ferma elementlarida hosil bo‘ladigan kuchlarni aniqlash. Ferma tugunlarini hisoblash.

## **III. Amaliy mashg‘ulotlar bo‘yicha ko‘rsatma va tavsiyalar**

*Amaliy mashg‘ulotlar uchun quyidagi mavzular tavsiya etiladi:*

### **5-semestr (Qurilish mexanikasi)**

1. Inshootlar hisoblash sxemalarining kinematik analizi.
2. Ko‘p oraliqli statik aniq balkalarni qo‘zg‘almas yuklar ta‘siriga hisoblash.
3. Oddiy va konsol balkalarda zo‘riqlashlarning ta‘sir chiziqlarini statik usulda chizish.
4. Ta‘sir chiziqlari yordamida zo‘riqlashlarni aniqlash.

5. Ko'p oraliqli statik aniq balkalarni harakatlanuvchi yuklar ta'siriga hisoblash.
6. Statik aniq tekis fermalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash.
7. Statik aniq tekis fermalarni harakatlanuvchi yuklar ta'siriga hisoblash.
8. Bir pog'onali shprengelli fermalarni hisoblash.
9. Ikki pog'onali shprengelli fermalarni hisoblash.
10. Uch sharnirli arkani qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash.
11. Harakatlanuvchi yuklar ta'sirida bo'lgan uch sharnirli arka zo'riqishlarini ta'sir chiziqlari yordamida aniqlash.
12. Statik aniq oddiy sistemalarda ko'chishlarni aniqlash.
13. Statik noaniq ramalarni kuchlar usulida hisoblash.
14. Kuchlar usulining asosiy sistemasini tanlash va kanonik tenglamalarini yozish.
15. Kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlarini aniqlash. Kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlarini tekshirish.
16. Natijaviy eguvchi moment, ko'ndalang va bo'ylama kuchlarni aniqlash.
17. Simmetrik ramalarni kuchlar usulida hisoblash.
18. Uzluksiz balkalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash.
19. Uzluksiz balkalarni fokuslar usuli bilan hisoblash.
20. Statik noaniq ramalarni ko'chishlar usulida hisoblash.
21. Ko'chishlar usulining asosiy sistemasini tanlash va kanonik tenglamalarini yozish.
22. Kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlarini aniqlash.
23. Natijaviy eguvchi moment, ko'ndalang va bo'ylama kuchlarni aniqlash.

#### **6-semestr (Qurilish konstruksiyalari)**

1. Temirbetonning ishlatilish sohalari. Beton va armaturaning fizik-mexanik xossalari.
2. Temirbetonni ilmiy-tajriba asoslari, kuchlanish-deformatsiya holatlari. Temirbetonni hisoblash usullari, chegaraviy holatlar bo'yicha hisoblash. Yuklar va ta'sirlar.
3. Egiluvchi elementlarni normal kesim bo'yicha mustahkamlikka hisoblash. Yakka armaturali kesimlar.
4. Qo'sh armaturali kesimlar. Tavr shaklidagi kesimlar.
5. Egiluvchi elementlarni qiya kesim bo'yicha mustahkamligini hisoblash.
6. Siqiluvchi elementlar. Nomarkaziy siqiluvchi elementlar
7. Poydevorlarni hisoblash, loyihalash va armaturalash
8. Oldindan zo'riqtirilgan temirbeton konstruksiyalarni tayyorlash usullari va ularni hisoblash. Ko'p qavatli bino konstruksiyalari (plita, poydevor, to'sin va ustunlar)ni loyihalash va hisoblash.
9. Po'lat qurilmalarida ishlatiladigan materiallarning asosiy xususiyatlari. Po'latning statik yuk ostida ishlashi. Metall konstruksiyalarni loyihalash asoslari.
10. Po'latning asosiy xususiyatlari.
11. Metall konstruksiyalarni chegaraviy holatlar bo'yicha hisoblashning asosiy holatlari. Boltli birikmalar hisobi.
12. Payvand birikmalar. Payvand birikmalarning hisobi.
13. Egilishga ishlaydigan elementlar hisobi. Markaziy siqilishga ishlayotgan elementlar hisobi. Markaziy cho'zilgan element hisobi.
14. Metall to'sinlar va to'sinli konstruksiyalarni loyihalash. Metall to'sinlarni hisoblash.
15. Metall ustunlarni hisoblash. Metall fermalarni loyihalash va hisoblash.

#### **IV. Laboratoriya mashg'ulotlari bo'yicha ko'rsatma va tavsiyalar**



## (6-semestr)

Laboratoriya mashg'ulotlari institut tassarrufidagi laboratoriya xonalari va sinov uchun ixtisoslashgan tashkilotlarda olib boriladi. Sinovdan olingan natijalar laboratoriya jurnaliga qayd etib boriladi.

Laboratoriya mashg'ulotlari uchun quyidagi mavzular tavsiya etiladi:

1. Beton kub namunani siqilishga sinash orqali mustahkamligini aniqlash
2. Armaturaning cho'zilishga sinash orqali mustahkamligini aniqlash
3. Egiluvchi temirbeton to'sinlarni normal kesim bo'yicha sinash uchun tayyorlash
4. Egiluvchi temirbeton to'sinlarni normal kesim bo'yicha buzilishga sinash
5. Egiluvchi temirbeton to'sinlarni normal kesim bo'yicha buzilishga sinash natijalarini tahlil qilish
6. Egiluvchi temirbeton to'sinlarni qiya kesim bo'yicha buzilishga sinash
7. Egiluvchi temirbeton to'sinlarni qiya kesim bo'yicha buzilishga sinash natijalarini tahlil qilish

### **V. Hisob-grafik ishlarini tashkil etish bo'yicha ko'rsatmalar (5-semestr)**

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 bajaradi. 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:

1. Ko'p oraliqli statik aniq balka hisobi.
2. Statik aniq oddiy ferma hisobi.
3. Uch sharnirli arka hisobi.
4. Statik noaniq ramani kuchlar usulida hisoblash.
5. Uzluksiz balka hisobi.
6. Statik noaniq ramani ko'chishlar usulida hisoblash.

## **VI. Mustaqil ta'lim va mustaqil ishlar**

*Mustaqil ta'lim uchun topshiriqlar:*

### **5-semestr (Qurilish mexanikasi)**

10. Inshootga ta'sir etuvchi yuklar va ularning turlari, inshootlar hisoblash sxemalarining kinematik, ta'sir chiziqlarini chizishning kinematik usulini tahlili bo'yicha taqdimot tayyorlash

11. Oddiy va konsol balka hamda ko'p oraliqli balkalarning biror kesimi uchun ichki zo'riqlashlarning ta'sir chiziqlarining ta'sir chiziqlarini va mavzuga doir taqdimot tayyorlash.

12. Murakkab fermalarning geometrik o'zgarmasligini tadqiq etish va fermalarning ratsional shakllarini tanlash bo'yicha taqdimot tayyorlash.

13. Statik aniq sistemalarda ichki zo'riqlashlarni aniqlashga doir misollar yechish va taqdimot tayyorlash.

14. Uch sharnirli arkasimon fermalarni harakatlanuvchi va qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash.

15. Fermalarni tugun qirqish usulida, to'liq kesim usulida, qo'shma kesim usulida, sterjenlarni almashtirish usulida, yopiq kontur usulida, grafik usulda hisoblash.

16. Statik aniq va noaniq sistemalarni temperatura ta'siriga va tayanchlarning cho'kishiga hisoblash.

17. Statik noaniq sistemalarni kuchlar usuli yordamida hisoblashning soddalashtirish

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <p>usulidan foydalanib hisoblash.</p> <p>18. Ko‘chishlar usulida statik noaniq sistemalarni hisoblash.</p> <p>19. Statik noaniq sistemalarni aralash usulda hisoblash.</p> <p style="text-align: center;"><b>6-semestr (Qurilish konstruksiyalari)</b></p> <p>1. Qurilish konstruksiyalarni chegaraviy holatlar usuli hamda yuklar va ta’sirlar bo’yicha hisoblashga doir taqdimot tayyorlash.</p> <p>2. Po‘latning me’yoriy va hisobiy qarshiligi. Materialning ishonchlilik koeffisienti. Binoning vazifasi bo’yicha ishonchlilik koeffisienti bo’yicha taqdimot tayyorlash.</p> <p>3. Metall ustunlar, ularning hisobiy sxemasi va ularni hisoblash, metall yaxlit ustunlar uchun kesim tanlash, yaxlit metall ustunlar, ularning kesimi, po‘lat sortamenti bo’yicha taqdimot tayyorlash.</p> <p>4. Egiluvchi, cho‘ziluvchi va siqiluvchi metal konstruksiyalarni hisoblashga doir blok-sxema ishlab chiqish.</p> <p>5. Po‘latni markalarga bo‘linishi. Po‘latni mustahkamligini oshirish yo‘llari. Po‘latning kimyoviy tarkibi, bo’yicha taqdimot tayyorlash</p> <p>6. Metall to‘sinlar va to‘sinli konstruksiyalar, ularning turlari. To‘sinlarni bir-biriga biriktirish usullari bo’yicha AutoCAD dasturida loyiha tayyorlash</p> <p>7. Metall konstruksiyalar birikmalari, payvand va boltli birikmalar bo’yicha taqdimot tayyorlash</p> <p>8. Beton, temirbeton va metall konstruksiyalarining tarixi bo’yicha taqdimot tayyorlash.</p> <p>9. Betonning fizik-mexamik xossalari, ishonchlilik va ish sharoiti koeffitsientlari va deformatsiyalari bo’yicha taqdimot tayyorlash.</p> <p>10. Oldindan zo‘riqtirilgan temirbeton konstruksiyalar mavzusi bo’yicha taqdimot tayyorlash.</p> <p>Ayrim mavzularni chuqur o‘rganish 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. Talabalarining mavzularni mustaqil o‘zlashtirishi alohida baholanmaydi, ular joriy, oraliq va yakuniy baholashda o‘z aksini topadi.</p> <p>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 talabalarining nazariy bilimlarini mustahkamlaydi va mavzularni yaxshi o‘zlashtirishga yordam beradi.</p> |
| 3. | <p style="text-align: center;"><b>VII. Ta’lim natijalari / Kasbiy kompetensiyalari</b></p> <p><b>Talaba bilishi kerak:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>turli xil, inshoot elementlarida vujudga keladigan ichki kuchlar, oddiy deformatsiya turlarida vujudga keladigan kuchlanish va deformatsiyalar, bino va inshootlarning hisoblash sxemasi va ularning kinematik analizi;</li> <li>ta’sir chiziqlar nazariyasi, elastik sistemalarda vujudga keladigan ko‘chishlar, statik aniq va noaniq sistemalarni hisoblash usullari;</li> <li>qurilish konstruksiyalarini chegaraviy holatlar usulida hisoblashning asosiy qoidalari;</li> <li>qurilish konstruksiyalarining asosiy fizik-mexanikaviy xossalari haqida <i>tasavvurga ega bo‘lishi</i>;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• qurilish konstruktsiyalarini loyihalashning nazariy asoslari va ularni chegaraviy holat usuli bo'yicha hisoblashni;</li> <li>• qurilish konstruktsiyalarini yuk ostida ishlash asoslarini;</li> <li>• qurilish konstruktsiyalarini me'yoriy xujjatlar talablariga muvofiq hisoblash va loyihalashni <b>bilishi va ulardan foydalana olishi</b>;</li> <li>• fanning nazariy asoslari va amaliy masalalarni yechishda fanning hisoblash formulalarini;</li> <li>• inshoot konstruktsiyalarining hisobiy modellarini to'g'ri tanlash; inshoot elementlarida ichki kuchlar va deformatsiyalarni aniqlash;</li> <li>• bino va inshootlarning hisoblash sxemasini tanlash va ularning kinematik analizi;</li> <li>• ta'sir chiziqlar nazariyasi; statik aniq va noaniq sistemalarni qo'zg'almas va harakatlanuvchi yuklar ta'siriga hisoblash</li> <li>• qurilish mintaqasining iqlimiy, industrial bazasi va boshqa mahalliy sharoitlarni hisobga olib, bino va inshootlarning xajmiy-rejalaviy va konstruktiv yechimlarini tanlashni;</li> <li>• qurilish konstruktsiyalarini hisoblash uchun zamonaviy texnik vositalar va hisoblash texnikasini;</li> <li>• qurilish konstruktsiyalarini hisoblash uchun zamonaviy texnik vositalar va hisoblash texnikasini hisoblash bo'yicha <b>ko'nikmalarga ega bo'lishi</b>;</li> <li>• qurilish mexanikasi fanidan olgan bilimni muhandislik va maxsus fanlarni o'tish jarayonida qo'llash va tatbiq etish;</li> <li>• bino va inshootlar elementlarining hisobiy modellarini tanlash, bino va inshootlar hisoblash sxemalarini tanlash va ularni kinematik analiz qilish;</li> <li>• inshootlarda zo'riqishlar va ko'chishlarni aniqlash;</li> <li>• statik aniq va noaniq sistemalarni hisoblash;</li> <li>• qurilish konstruktsiyalarini me'yoriy xujjatlar talablariga muvofiq hisoblash va loyihalash;</li> <li>• sanoat va fuqaro qurilishidagi bino va inshootlarning sinflanishi, ularning asosiy hisobiy sxemalari;</li> <li>• bino va inshootlarning asosiy konstruktiv elementlari, ularning funktsional vazifalari;</li> <li>• qurilish konstruktsiyalarini hisoblash va loyihalash bo'yicha asosiy me'yoriy xujjatlar bo'yicha <b>malakalariga ega bo'lishi kerak</b>.</li> </ul> |
| 4. | <p style="text-align: center;"><b>VIII. Ta'lim texnologiyalari va metodlari:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ma'ruzalar;</li> <li>• interfaol keys-stadilar;</li> <li>• seminarlar ( mantiqiy fiklash, tezkor savol-javoblar);</li> <li>• guruhlarda ishlash;</li> <li>• taqdimotlarni qilish;</li> <li>• individual loyihalar;</li> <li>• jamoa bo'lib ishlash va himoya qilish uchun loyihalar.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 5. | <p style="text-align: center;"><b>IX. Kreditlarni olish uchun talablar:</b></p> <p>Fanga oid nazariy va uslubiy tushunchalarni to'la o'zlashtirish, tahlil natijalarini to'g'ri aks ettira olish, o'rganilayotgan jarayonlar haqida mustaqil mushohada yuritish</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <p>hamda kafedra tomonidan tuzilgan komissiya oldida himoya qilish, joriy, oraliq nazorat shakllarida berilgan vazifa va topshiriqlarni bajarish, yakuniy nazorat bo'yicha test topshirish.</p> <p>Oraliq nazorat, yakuniy nazorat va mustaqil ish shakllarida berilgan vazifa va topshiriqlarni bajarish va topshirishi kerak bo'ladi.</p> <p>Fandan talabalarni baholash O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirining 2018-yil 9-avgustdagi 19-2018-son buyrug'i bilan tasdiqlangan "Oliy ta'lim muassasalarida talabalar bilimni nazorat qilish va baholash tizimi to'g'risida"gi NIZOM asosida amalga oshiriladi.</p> <p>Fanga semestrlar bo'yicha ajratilgan auditoriya soatining 25 foizini va undan ortiq soatni sababsiz qoldirgan talaba ushbu fandan chetlashtirilib, yakuniy nazoratga kiritilmaydi hamda mazkur fan bo'yicha tegishli kreditlarni o'zlashtirmagan hisoblanadi.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 6. | <p style="text-align: center;"><b>Asosiy adabiyotlar</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Q.S.Abdurashidov, B.A. Hobilov, N.J. To'ychiev, A.I. Rahimov "Qurilish mexanikasi" darslik, Tashkent, O'zbekiston nashriyoti, 1999 yil</li> <li>2. Saidiy S.A. Qurilish mexanikasi. Darslik. -T.: "Fan vatexnologiya", 2019, 272</li> <li>3. X.SH.To'raev, M.H.Ismatov, F.X.Yo'ldashev, B.K.Javliev "Qurilish mexanikasi" nazariy asoslar va amaliy masalalar o'quv ko'llanma. Toshkent. Moliya nashriyoti 2002 yil 458 b.</li> <li>4. Asqarov B.A., Nizomov Sh.R. Temirbeton va tosh-g'isht konstruktsiyalari. T.: Iqtisod-moliya, 2008 y. —435 bet.</li> <li>5. Asqarov B.A., Nizomov Sh.R. Temirbeton va tosh-g'isht konstruktsiyalari. Darslik-T.: O'qituvchi, 2010 y. —430 bet.</li> <li>6. Saydullayev Q.A., Shukurova K.Q. Metall konstruktsiyalari. T.: 2010</li> <li>7. Building construction: Principles, Materials and Systems. Second edition. Madan Mehta, Walter Scarborough, Diane Ampriest. – 2020. Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458, USA. ISBN-13: 978-0-13-506476-4. ISBN-10: 0-13-506476-7</li> <li>8. R.A,Mavlonov, S.E.No'manova. Qurilish konstruktsiyalari (1-qism). O'quv qo'llanma. T.:Lesson Press. 2023, 170 b.</li> </ol> <p style="text-align: center;"><b>Qo'shimcha adabiyotlar</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. В.А.Киселев "Строительная механика" Специальный курс. М.: Стройиздат, 2009.</li> <li>2. Саргсян А.Е., Дворянчиков Н.В., Двинчвелашвили Г.А. Қурилиш механикаси. Ҳисоблаш мисоллари билан назарий асослар. (А.Е.Саргсян таҳрири остида). –М.: АСВ, 1998 – 320 б.</li> <li>3. Hobilov 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</li> <li>4. Металлические конструкции. В 3т. Т.1. Элементы конструкций: Учебник для строит. вузов/В.В.Горев, Б.Ю.Уваров, В.В.Филиппов и др.; Под. ред. В.В.Горева. – 3-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2004. – 551 стр. ил. ISBN 5-06-003695 (т. 1)</li> </ol> |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <p>5. Металлические конструкции. В 3т. Т.2. Конструкции зданий: Учебник для строит. вузов/В.В.Горев, Б.Ю.Уваров, В.В.Филиппов, Б.И.Белый и др.; Под. ред. В.В.Горева. – 3-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2004. – 528 стр. ил. ISBN 5-06-003696-0 (т. 2)</p> <p>6. QMQ 2.01.07-96. Yuklar va ta'sirlar. DAQQ, T., 1996.</p> <p>7. QMQ 2.03.08-98. Yog'och qurilmalar. DAQQ, T., 1998.</p> <p>8. ShNQ 2.03.05-13. Po'lat konstruksiyalar. Loyihalash me'yorlari. DAQQ,T., 2013</p> <p>9. QMQ 2.03.01-96. Beton va temirbeton konstruksiyalari. DAQQ,T., 1996</p> <p style="text-align: center;"><b>Axborot manbaalari</b></p> <p>1. <a href="http://www.wikipedia.org">http://www.wikipedia.org</a></p> <p>2. <a href="http://www.google.com">http://www.google.com</a></p> |
| 7. | Namangan muhandislik-qurilish institutining 2023 yil “___” _____dagi ___ - sonli bayoni bilan tasdiqlangan.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 8. | <p><b>Fan/modul uchun mas'ullar:</b></p> <p>J.A.Daminov - NamMQI, “Materiallar qarshiligi va mexanikasi” kafedrası dotsenti, t.f.n.</p> <p>R.A.Mavlonov - NamMQI, “Bino va inshootlar qurilishi” kafedrası katta o'qituvchisi</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 9. | <p><b>Taqrizchilar:</b></p> <p>Xakimov A.F.– NamMQI, “Materiallar qarshiligi va mexanikasi” kafedrası, t.f.n., dotsent</p> <p>Karimov A.K. – NamMTI, “Umumtexnika” kafedrası, t.f.n., dotsent (turdosh OTM)</p> <p>Z.A.Azimov - “Namangan Sanoat Loyiha” HK direktori</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

## **4.2.Ishchi fan dasturi**

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

**NAMANGAN MUHANDISLIK-QURILISH INSTITUTI**

**"TASDIQLAYMAN"**



O'quv ishlari bo'yicha prorektor  
Q.Inoyatov

2023 yil "4 - 04"

№ 283

**QURILISH MEKANIKASI VA KONSTRUKSIYALAR**

**FANI BO'YICHA**

**SILLABUS**

**Kunduzgi bo'lim uchun**

|                           |                                                                      |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>Bilim sohasi:</b>      | 700 000 – Muhandislik, ishlov berish va qurilish sohalari            |
| <b>Ta'lim sohasi:</b>     | 730 000 – Arxitektura va qurilish                                    |
| <b>Ta'lim yo'nalishi:</b> | 60730800 – Yo'l muhandisligi (avtomobil yo'llarini ekspluatatsiyasi) |

**Namangan – 2023**

**Modul / FAN SILLABUSI**  
**Qurilish fakulteti**  
**60730800 – Yo‘l muhandisligi (avtomobil yo‘llarini ekspluatatsiyasi)**

|                                                              |                                        |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| <b>Fan nomi:</b>                                             | Qurilish mexanikasi va konstruksiyalar |
| <b>Fan turi:</b>                                             | Majburiy fanlar                        |
| <b>Fan kodi:</b>                                             | QMK15(6)12                             |
| <b>Kurs:</b>                                                 | 3                                      |
| <b>Semestr:</b>                                              | 5, 6                                   |
| <b>Ta‘lim shakli:</b>                                        | Kunduzgi                               |
| <b>Mashg‘ulotlar shakli va semestrga ajratilgan soatlar:</b> | 360                                    |
| Ma‘ruza                                                      | 90                                     |
| Amaliy mashg‘ulotlar                                         | 76                                     |
| Laboratoriya mashg‘ulotlari                                  | 14                                     |
| Kurs loyihasi                                                | -                                      |
| Mustaqil ta‘lim                                              | 180                                    |
| <b>Kredit miqdori:</b>                                       | 5-semestr – 6; 6-semestr – 6           |
| <b>Baholash shakli:</b>                                      | Imtixon                                |
| <b>Fan tili:</b>                                             | O‘zbek                                 |

| <b>Fan maqsadi (FM)</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>FM1</b>              | Talabalarda fuqaro binolari va inshootlarini loyihalash va hisoblash asoslari hamda ularning konstruktiv elementlari bo‘yicha nazariy va amaliy bilimlarni shakllantirish hamda binolarni qurish va barpo etishda bino loyihasidan foydalana olishni – qurilish amaliyotida bino va inshootlar qurilish konstruksiyalarini iqtisodiy jixatdan samarali variantini topa olishni o‘rgatishdan iborat. |

| <b>Fanni o‘zlashtirish uchun zarur boshlang‘ich bilimlar</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                            | Nazariy mexanika                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 2                                                            | Materiallar qarshiligi                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 3                                                            | Qurilish materiallari va buyumlari                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 4                                                            | Chizma geometriya                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Ta‘lim natijalari (TN)</b>                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                                              | <b><i>Bilimlar jihatidan:</i></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>TN1</b>                                                   | O‘z ta‘lim maqsadlarini mustaqil ravishda belgilash, o‘quv va bilish (kognitiv) faoliyatida o‘z oldiga yangi vazifalarni qo‘yish va shakllantirish, o‘z bilim faoliyatining motivlari va manfaatlarini rivojlantirish qobiliyati;                                                                                   |
| <b>TN2</b>                                                   | O‘z maqsadlariga erishish yo‘llarini, shuningdek bu maqsadlarga erishishning alternativ - boshqa yo‘llarini mustaqil ravishda rejalashtirish, ta‘lim va bilish muammolarini hal qilishning eng samarali usullarini ongli ravishda tanlash qobiliyati;                                                               |
| <b>TN3</b>                                                   | O‘z faoliyatini rejalashtirilgan natijalar bilan bog‘lash, maqsadiga erishish jarayonida o‘z faoliyatini nazorat qila olishi, taklif qilingan shartlar va talablar doirasida harakat yo‘nalishini belgilash, vaziyat o‘zgarganda mos ravishda o‘z faoliyatini shu vaziyatga moslashtirish qobiliyatiga ega bo‘lish; |
| <b>TN4</b>                                                   | Kasbiy vazifalarni samarali bajarish, o‘zini kasbiy va shu kasbga mos shaxs sifatida rivojlantirish uchun zarur bo‘lgan ma'lumotlarni izlash va ulardan foydalanish;                                                                                                                                                |
|                                                              | <b><i>Ko‘nikmalar jihatidan:</i></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>TN5</b>                                                   | O‘quv vazifasini bajarishning to‘g‘riligini, bu vazifalarni echishda o‘z qobiliyatlarini baholash qobiliyati;                                                                                                                                                                                                       |



|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>TN6</b> | O'zini-o'zi nazorat qilish, o'zini-o'zi baholash, qarorlar qabul qilish va o'quv va bilish faoliyatida ongli ravishda tanlash asoslariga ega bo'lish;                                                                                                                                                                                               |
| <b>TN7</b> | O'qituvchi va tengdoshlar bilan ta'lim sohasidagi hamkorlikni va birgalikdagi faoliyatni tashkil etish, o'zi yolg'iz va guruh ichida bo'lganda, turli fikrlarni muvofiqlashtirish va manfaatlarni hisobga olish asosida umumiy yechim topish va nizolarni hal qilish, o'z fikrlarini bayon etish, asoslash va o'z fikrida qat'iy turish qobiliyati; |
| <b>TN8</b> | Axborot-kommunikatsiya texnologiyalaridan foydalanishda o'z kompetensiyasini shakllantirish va rivojlantirib borish.                                                                                                                                                                                                                                |

| <b>Fan mazmuni</b>                       |                                                                                                                                                           |             |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Mashg'ulotlar shakli: ma'ruza (M)</b> |                                                                                                                                                           | <b>Soat</b> |
| <b>5-semestr</b>                         |                                                                                                                                                           |             |
| <b>M1</b>                                | Qurilish mexanikasi faniga kirish                                                                                                                         | 2           |
| <b>M2</b>                                | Inshootlar hisoblash sxemalari va ularning turlari                                                                                                        | 2           |
| <b>M3</b>                                | Inshootlar hisoblash sxemalarining kinematik analizi                                                                                                      | 2           |
| <b>M4</b>                                | Oddiy va konsol balkalarda zo'riqlashlarning ta'sir chiziqlari                                                                                            | 2           |
| <b>M5</b>                                | Ko'p oraliqli statik aniq balkalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash                                                                               | 2           |
| <b>M6</b>                                | Ko'p oraliqli statik aniq balkalarni harakatlanuvchi yuklar ta'siriga hisoblash                                                                           | 2           |
| <b>M7</b>                                | Statik aniq tekis fermalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash                                                                                       | 2           |
| <b>M8</b>                                | Statik aniq tekis fermalarni harakatlanuvchi yuklar ta'siriga hisoblash                                                                                   | 2           |
| <b>M9</b>                                | Shprengelli fermalarni hisoblash                                                                                                                          | 2           |
| <b>M10</b>                               | Uch sharnirli arkalarini qo'zg'almas va harakatlanuvchi yuklar ta'siriga hisoblash                                                                        | 2           |
| <b>M11</b>                               | Elastik sistemalardagi ko'chishlarni aniqlash                                                                                                             | 2           |
| <b>M12</b>                               | Statik noaniq sistemalar va ularning xususiyatlari                                                                                                        | 2           |
| <b>M13</b>                               | Statik noaniq ramalarni kuchlar usulida hisoblash                                                                                                         | 2           |
| <b>M14</b>                               | Kuchlar usulining kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlarini tekshirish                                                                          | 2           |
| <b>M15</b>                               | Simmetrik ramalarni kuchlar usulida hisoblash                                                                                                             | 2           |
| <b>M16</b>                               | Statik noaniq arkalarini hisoblash                                                                                                                        | 2           |
| <b>M17</b>                               | Statik noaniq fermalarni hisoblash                                                                                                                        | 2           |
| <b>M18</b>                               | Uzluksiz balkalarni hisoblash                                                                                                                             | 2           |
| <b>M19</b>                               | Uzluksiz balkalarni hisoblashning moment fokuslar usuli                                                                                                   | 2           |
| <b>M20</b>                               | Statik noaniq ramalarni ko'chishlar usulida hisoblash                                                                                                     | 2           |
| <b>M21</b>                               | Ko'chishlar usulining kanonik tenglamasi                                                                                                                  | 2           |
| <b>M22</b>                               | Natijaviy eguvchi moment epyuralarini chizish va tekshirish                                                                                               | 2           |
| <b>6-semestr</b>                         |                                                                                                                                                           |             |
| <b>M23</b>                               | Qurilish konstruktsiyalarini hisoblash va loyihalash tartibi                                                                                              | 2           |
| <b>M24</b>                               | <b>Qurilish konstruktsiyalarni chegaraviy holatlar bo'yicha hisoblash. Yuklar va ta'sirlar</b>                                                            | 2           |
| <b>M25</b>                               | Temirbeton konstruktsiyalar haqida umumiy ma'lumotlar                                                                                                     | 2           |
| <b>M26</b>                               | Betonning fizik-mexanik xossalari                                                                                                                         | 2           |
| <b>M27</b>                               | Armaturning fizik-mexanik xossalari                                                                                                                       | 2           |
| <b>M28</b>                               | Temirbeton konstruktsiyalarning kuchlanish deformatsiyalanish holatining uch bosqichi                                                                     | 2           |
| <b>M29</b>                               | Oldindan zo'riqtirilgan temirbeton konstruktsiyalar haqida umumiy ma'lumotlar va ularni. Oldindan zo'riqtirilgan temirbeton konstruktsiyalarni loyihalash | 2           |
| <b>M30</b>                               | Egiluvchi temirbeton elementlarini loyihalashning o'ziga xos usullari                                                                                     | 2           |
| <b>M31</b>                               | Egiluvchi temirbeton elementlarni normal kesimlar bo'yicha mustahkamlikka hisoblash                                                                       | 2           |
| <b>M32</b>                               | Egiluvchi temirbeton elementlarni og'ma kesimlar bo'yicha mustahkamlikka hisoblash                                                                        | 2           |
| <b>M33</b>                               | Siqilishga ishlaydigan temirbeton elementlarni loyihalashning o'ziga xos                                                                                  | 2           |

|                                                    |                                                                                                                                                                       |   |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|                                                    | hususiyatlari                                                                                                                                                         |   |
| <b>M34</b>                                         | Siqilishga ishlaydigan temirbeton elementlarni mustahkamlikka hisoblash                                                                                               | 2 |
| <b>M35</b>                                         | Qobirg'ali monolit temirbeton orayopmalar. Yassi temirbeton orayopmalar                                                                                               | 2 |
| <b>M36</b>                                         | Zamin va poydevorlar                                                                                                                                                  | 2 |
| <b>M37</b>                                         | Tosh-g'isht va armatosh konstruktsiyalar                                                                                                                              | 2 |
| <b>M38</b>                                         | Metall konstruktsiyalar to'g'risida umumiy ma'lumotlar. Metall konstruktsiyalarida ishlatiladigan po'latning asosiy xususiyatlari                                     | 2 |
| <b>M39</b>                                         | Po'latning statik yuk ostida ishlashi. Po'lat sortamenti                                                                                                              | 2 |
| <b>M40</b>                                         | Metall konstruktsiyalarni hisoblash asoslari                                                                                                                          | 2 |
| <b>M41</b>                                         | Metall konstruktsiya birikmalari. Payvand birikmalar va ularni hisoblash                                                                                              | 2 |
| <b>M42</b>                                         | Boltli va parchin mixli birikmalar                                                                                                                                    | 2 |
| <b>M43</b>                                         | Metall to'sinlarni loyihalash va hisoblash                                                                                                                            | 2 |
| <b>M44</b>                                         | Metall ustunlarni loyihalash va hisoblash                                                                                                                             | 2 |
| <b>M45</b>                                         | Metall fermalarni loyihalash va hisoblash                                                                                                                             | 2 |
| <b>Mashg'ulotlar shakli: amaliy mashg'ulot (A)</b> |                                                                                                                                                                       |   |
| <b>5-semestr</b>                                   |                                                                                                                                                                       |   |
| <b>A1</b>                                          | Inshootlar hisoblash sxemalarining kinematik analizi                                                                                                                  | 2 |
| <b>A2</b>                                          | Ko'p oraliqli statik aniq balkalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash                                                                                           | 2 |
| <b>A3</b>                                          | Oddiy va konsol balkalarda zo'riqishlarning ta'sir chiziqlarini statik usulda chizish                                                                                 | 2 |
| <b>A4</b>                                          | Ta'sir chiziqlari yordamida zo'riqishlarni aniqlash                                                                                                                   | 2 |
| <b>A5</b>                                          | Ko'p oraliqli statik aniq balkalarni harakatlanuvchi yuklar ta'siriga hisoblash                                                                                       | 2 |
| <b>A6</b>                                          | Statik aniq tekis fermalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash                                                                                                   | 2 |
| <b>A7</b>                                          | Statik aniq tekis fermalarni harakatlanuvchi yuklar ta'siriga hisoblash                                                                                               | 2 |
| <b>A8</b>                                          | Bir pog'onali shprengelli fermalarni hisoblash                                                                                                                        | 2 |
| <b>A9</b>                                          | Ikki pog'onali shprengelli fermalarni hisoblash                                                                                                                       | 2 |
| <b>A10</b>                                         | Uch sharnirli arkani qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash                                                                                                           | 2 |
| <b>A11</b>                                         | Harakatlanuvchi yuklar ta'sirida bo'lgan uch sharnirli arka zo'riqishlarini ta'sir chiziqlari yordamida aniqlash                                                      | 2 |
| <b>A12</b>                                         | Statik aniq oddiy sistemalarda ko'chishlarni aniqlash                                                                                                                 | 2 |
| <b>A13</b>                                         | Statik noaniq ramalarni kuchlar usulida hisoblash                                                                                                                     | 2 |
| <b>A14</b>                                         | Kuchlar usulining asosiy sistemasini tanlash va kanonik tenglamalarini yozish                                                                                         | 2 |
| <b>A15</b>                                         | Kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlarini aniqlash. Kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlarini tekshirish                                          | 2 |
| <b>A16</b>                                         | Natijaviy eguvchi moment, ko'ndalang va bo'ylama kuchlarni aniqlash                                                                                                   | 2 |
| <b>A17</b>                                         | Simmetrik ramalarni kuchlar usulida hisoblash                                                                                                                         | 2 |
| <b>A18</b>                                         | Uzluksiz balkalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash                                                                                                            | 2 |
| <b>A19</b>                                         | Uzluksiz balkalarni fokuslar usuli bilan bilan hisoblash                                                                                                              | 2 |
| <b>A20</b>                                         | Statik noaniq ramalarni ko'chishlar usulida hisoblash                                                                                                                 | 2 |
| <b>A21</b>                                         | Ko'chishlar usulining asosiy sistemasini tanlash va kanonik tenglamalarini yozish                                                                                     | 2 |
| <b>A22</b>                                         | Kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlarini aniqlash                                                                                                          | 2 |
| <b>A23</b>                                         | Natijaviy eguvchi moment, ko'ndalang va bo'ylama kuchlarni aniqlash                                                                                                   | 2 |
| <b>6-semestr</b>                                   |                                                                                                                                                                       |   |
| <b>A24</b>                                         | Temirbetonning ishlatilish sohalari. Beton va armaturaning fizik-mexanik xossalari.                                                                                   | 2 |
| <b>A25</b>                                         | Temirbetonni ilmiy-tajriba asoslari, kuchlanish-deformatsiya holatlari. Temirbetonni hisoblash usullari, chegaraviy holatlar bo'yicha hisoblash. Yuklar va ta'sirlar. | 2 |
| <b>A26</b>                                         | Egiluvchi elementlarni normal kesim bo'yicha mustahkamlikka hisoblash. Yakka armaturali kesimlar.                                                                     | 2 |
| <b>A27</b>                                         | Qo'sh armaturali kesimlar. Tavr shaklidagi kesimlar.                                                                                                                  | 2 |

|            |                                                                                                                                                                                                   |   |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| <b>A28</b> | Egiluvchi elementlarni qiya kesim bo'yicha mustahkamligini hisoblash.                                                                                                                             | 2 |
| <b>A29</b> | Siqiluvchi elementlar. Nomarkaziy siqiluvchi elementlar                                                                                                                                           | 2 |
| <b>A30</b> | Poydevorlarni hisoblash, loyihalash va armaturalash                                                                                                                                               | 2 |
| <b>A31</b> | Oldindan zo'riqtirilgan temirbeton konstruksiyalarni tayyorlash usullari va ularni hisoblash. Ko'p qavatli bino konstruksiyalari (plita, poydevor, to'sin va ustunlar)ni loyihalash va hisoblash. | 2 |
| <b>A32</b> | Po'lat qurilmalarida ishlatiladigan materiallarning asosiy xususiyatlari. Po'latning statik yuk ostida ishlashi. Metall konstruksiyalarni loyihalash asoslari.                                    | 2 |
| <b>A33</b> | Po'latning asosiy xususiyatlari.                                                                                                                                                                  | 2 |
| <b>A34</b> | Metall konstruksiyalarni chegaraviy holatlar bo'yicha hisoblashning asosiy holatlari. Boltli birikmalar hisobi.                                                                                   | 2 |
| <b>A35</b> | Payvand birikmalar. Payvand birikmalarning hisobi.                                                                                                                                                | 2 |
| <b>A36</b> | Egilishga ishlaydigan elementlar hisobi. Markaziy siqilishga ishlayotgan elementlar hisobi. Markaziy cho'zilgan element hisobi.                                                                   | 2 |
| <b>A37</b> | Metall to'sinlar va to'sinli konstruksiyalarni loyihalash. Metall to'sinlarni hisoblash.                                                                                                          | 2 |
| <b>A38</b> | Metall ustunlarni hisoblash. Metall fermalarni loyihalash va hisoblash.                                                                                                                           | 2 |

### **Mashg'ulotlar shakli: laboratoriya mashg'uloti (L)**

#### **6-semestr**

|           |                                                                                                     |   |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| <b>L1</b> | Beton kub namunani siqilishga sinash orqali mustahkamligini aniqlash                                | 2 |
| <b>L2</b> | Armaturaning cho'zilishga sinash orqali mustahkamligini aniqlash                                    | 2 |
| <b>L3</b> | Egiluvchi temirbeton to'sinlarni normal kesim bo'yicha sinash uchun tayyorlash                      | 2 |
| <b>L4</b> | Egiluvchi temirbeton to'sinlarni normal kesim bo'yicha buzilishga sinash                            | 2 |
| <b>L5</b> | Egiluvchi temirbeton to'sinlarni normal kesim bo'yicha buzilishga sinash natijalarini tahlil qilish | 2 |
| <b>L6</b> | Egiluvchi temirbeton to'sinlarni qiya kesim bo'yicha buzilishga sinash                              | 2 |
| <b>L7</b> | Egiluvchi temirbeton to'sinlarni qiya kesim bo'yicha buzilishga sinash natijalarini tahlil qilish   | 2 |

### **Mustaqil ta'lim (MT)**

|          |                                                                                                                                  |            |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>1</b> | Nazariy, amaliy va laboratoriya mashg'ulotlariga tayyorgarlik ko'rish, uy vazifalari va mustaqil ta'lim topshiriqlarini bajarish | <b>180</b> |
|          | Taqdimor tayyorlash                                                                                                              | 90         |
|          | Fanga oid masala va misollarni bajarish                                                                                          | 20         |
|          | Hisoblash algoritmi bo'yicha blok-sxema ishlab chiqish                                                                           | 40         |
|          | Loyiha tayyorlash                                                                                                                | 15         |
|          | Maket tayyorlash                                                                                                                 | 15         |

### **Asosiy adabiyotlar**

|   |                                                                                                                                        |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Q.S.Abdurashidov, B.A. Hobilov, N.J. To'ychiev, A.I. Rahimov "Qurilish mexanikasi" darslik, Tashkent, O'zbekiston nashriyoti, 1999 yil |
| 2 | Saidiy S.A. Qurilish mexanikasi. Darslik. -T.: "Fan vateknologiya", 2019, 272                                                          |
| 3 | X.SH.To'raev, M.H.Ismatov, F.X.Yo'ldashev, B.K.Javliev "Qurilish mexanikasi" nazariy                                                   |

|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                               | asoslar va amaliy masalalar o'quv ko'llanma. Toshkent. Moliya nashriyoti 2002 yil 458 b.                                                                                                                                                                                                       |
| 4                             | Asqarov B.A., Nizomov Sh.R. Temirbeton va tosh-g'isht konstruktsiyalari. T.: Iqtisod-moliya, 2008 y. –435 bet.                                                                                                                                                                                 |
| 5                             | Asqarov B.A., Nizomov Sh.R. Temirbeton va tosh-g'isht konstruktsiyalari. Darslik-T.: O'qituvchi, 2010 y. –430 bet.                                                                                                                                                                             |
| 6                             | Saydullayev Q.A., Shukurova K.Q. Metall konstruktsiyalari. T.: 2010                                                                                                                                                                                                                            |
| 7                             | Building construction: Principles, Materials and Systems. Second edition. Madan Mehta, Walter Scarborough, Diane Ampriest. – 2020. Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458, USA. ISBN-13: 978-0-13-506476-4. ISBN-10: 0-13-506476-7 |
| 8                             | Р.А.Мавлонов, С.Э. Нўъманова. Курилиш конструкциялари (1-қисм). Ўқув қўлланма. Т.:Lesson Press. 2023, 170 б.                                                                                                                                                                                   |
| <b>Qo'shimcha adabiyotlar</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 1                             | В.А.Киселев “Строительная механика” Специальный курс. М.: Стройиздат, 2009.                                                                                                                                                                                                                    |
| 2                             | Саргсян А.Е., Дворянчиков Н.В., Двинчвелашвили Г.А. Курилиш механикаси. Ҳисоблаш мисоллари билан назарий асослар. (А.Е.Саргсян тахрири остида). –М.: АСВ, 1998 – 320 б.                                                                                                                        |
| 3                             | Hobilov 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                                                                                                                                                     |
| 4                             | Металлические конструкции. В 3т. Т.1. Элементы конструкций: Учебник для строит. вузов/В.В.Горев, Б.Ю.Уваров, В.В.Филиппов и др.; Под. ред. В.В.Горева. – 3-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2004. – 551 стр. ил. ISBN 5-06-003695 (т. 1)                                                         |
| 5                             | Металлические конструкции. В 3т. Т.2. Конструкции зданий: Учебник для строит. вузов/В.В.Горев, Б.Ю.Уваров, В.В.Филиппов, Б.И.Белый и др.; Под. ред. В.В.Горева. – 3-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2004. – 528 стр. ил. ISBN 5-06-003696-0 (т. 2)                                              |
| 6                             | QMQ 2.01.07-96. Yuklar va ta'sirlar. DAQQ, T., 1996.                                                                                                                                                                                                                                           |
| 7                             | QMQ 2.03.08-98. Yog'och qurilmalar. DAQQ, T., 1998.                                                                                                                                                                                                                                            |
| 8                             | ShNQ 2.03.05-13. Po'lat konstruktsiyalar. Loyihalash me'yorlari. DAQQ,T., 2013                                                                                                                                                                                                                 |
| 9                             | QMQ 2.03.01-96. Beton va temirbeton konstruktsiyalari. DAQQ,T., 1996                                                                                                                                                                                                                           |

### **Kreditlarni olish uchun talablar:**

Fanga oid nazariy va uslubiy tushunchalarni to'la o'zlashtirish, tahlil natijalarini to'g'ri aks ettira olish, o'rganilayotgan jarayonlar haqida mustaqil mushohada yuritish hamda kafedra tomonidan tuzilgan komissiya oldida himoya qilish, joriy, oraliq nazorat shakllarida berilgan vazifa va topshiriqlarni bajarish, yakuniy nazorat bo'yicha test topshirish.

Oraliq nazorat, yakuniy nazorat va mustaqil ish shakllarida berilgan vazifa va topshiriqlarni bajarish va topshirishi kerak bo'ladi.

Fandan talabalarni baholash O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirining 2018-yil 9-avgustdagi 19-2018-son buyrug'i bilan tasdiqlangan “Oliy ta'lim

muassasalarida talabalar bilimni nazorat qilish va baholash tizimi to'g'risida"gi NIZOM asosida amalga oshiriladi.

### **5-semestr (Qurilish mexanikasi)**

Fan doirasida har bir semestrda 2 ta oraliq nazorat (ON) va yakuniy nazorat (YaN) olinadi.

Xususan:

1-ON uchun talabaga:

- a) 1-11 mavzular bo'yicha og'zaki savol-javob tarzida olgan bahosi;
- b) 1-11 amaliy mashg'ulotlarda ishtiroki, HGI bajarishi va topshirishi;
- c) 1-5 mustaqil ish mavzulari asosida bajargan ishlaridan olgan bahosi.

o'rtachalaridan hisoblangan baho qo'yiladi, ya'ni:  $1-ON = (a+b+c) / 3$ .

1-ON bo'yicha a, b, c punktlarning birortasini bajarilmasligi, talabaning 1-ON dan o'tmaganligini anglatadi va 2-ON ga ruxsat berilmaydi. 1-ON ni topshirishni oxirgi muddati 2-ON ning boshlanish sanasigacha. 1-ON dan kamida qoniqarli baho olingan taqdirda 2-ON ga ruxsat beriladi.

2-ON uchun talabaga:

- a) 12-22 mavzular bo'yicha tuzilgan testda olgan bahosi;
- b) 12-23 amaliy mashg'ulotlarda ishtiroki, HGI bajarishi va topshirishi;
- c) 6-10 mustaqil ish mavzulari asosida bajargan ishlaridan olgan bahosi

o'rtachalaridan hisoblangan baho qo'yiladi, ya'ni:  $2-ON = (a+b+c) / 3$ .

2-ON bo'yicha a, b, c punktlarning birortasini bajarilmasligi talabaning 2-ON dan o'tmaganligini anglatadi va YaN ga ruxsat berilmaydi. 2-ON ni topshirishning oxirgi muddati YaN ning boshlanish sanasigacha. 2-ON dan kamida qoniqarli baho olingan taqdirda YaN ga ruxsat beriladi.

YaN da talabaga barcha o'tilgan mavzular doirasida tuzilgan savollar bo'yicha yozgan yozma ish yoki test uchun baho qo'yiladi. YaNdan kamida qoniqarli baho olingan taqdirda talaba fanni o'zlashtirgan xisoblanadi va ko'rsatigan kreditga ega bo'ladi.

### **6-semestr (Qurilish konstruksiyalari)**

Fan doirasida 2 ta oraliq nazorat (ON) va yakuniy nazorat (YaN) olinadi. Xususan:

#### *1-ON uchun talabaga:*

- a) 1-12 mavzular bo'yicha tuzilgan test savollari bo'yicha olgan bahosi;
- b) 1-8 amaliy ishlari bo'yicha olgan bahosi;
- c) 1-2 laboratoriya ishlari bo'yicha olgan bahosi;

Yuqoridagi uchta bandning o'rtachasidan aniqlangan baho qo'yiladi, ya'ni:

$$1-ON = (a+b+c)/3.$$

1-ON bo'yicha a, b va c punktlarning birortasini bajarilmasligi, talabaning 1-ON dan o'tmaganligini anglatadi va 2-ON ga ruxsat berilmaydi. 1-ON ni topshirishni oxirgi muddati 2-ON ning boshlanish sanasigacha. 1-ON dan kamida qoniqarli baho olingan taqdirda 2-ON ga ruxsat beriladi.

#### *2-ON uchun talabaga:*

- a) 13-23 mavzular bo'yicha tuzilgan savollarga yozgan yozma ishiga olgan bahosi;
- b) 9-15 amaliy ishlari bo'yicha olgan bahosi;
- c) 3-7 laboratoriya ishlari bo'yicha olgan bahosi;
- d) mustaqil ish mavzulari asosida bajargan ishlaridan olgan bahosi

Yuqoridagi uchta bandning o'rtachasidan aniqlangan baho qo'yiladi, ya'ni:

$$2-ON = (a+b+c+d)/4.$$

2-ON bo'yicha  $a$ ,  $b$ ,  $c$  va  $d$  punktlarning birortasini bajarilmasligi talabani 2-ON dan o'tmaganligini anglatadi va YaN ga ruxsat berilmaydi. 2-ON ni topshirishning oxirgi muddati YaN ning boshlanish sanasigacha. 2-ON dan kamida qoniqli baho olingan taqdirda YaN ga ruxsat beriladi.

Oraliq nazoratlardan to'plash mumkin bo'lgan ballning maksimal qiymati 50 ga teng. Qolgan 50 ballni yakuniy nazoratdan olinadi. Talaba yakuniy nazoratga kirish uchun oraliq nazoratlardan kamida 60 % to'plagan bo'lishi kerak.

YaN da talabaga barcha o'tilgan mavzular doirasida tuzilgan test orqali baholanadi. YaNdan kamida qoniqli baho, ya'ni kamida 60 % to'plagan taqdirda talaba fanni o'zlashtirgan hisoblanadi va bir semestr bo'yicha 6 kreditga ega bo'ladi.

➤ Fanga semestrlar bo'yicha ajratilgan auditoriya soatining 25 foizini va undan ortiq soatni sababsiz qoldirgan talaba ushbu fandan chetlashtirilib, yakuniy nazoratga kiritilmaydi hamda mazkur fan bo'yicha tegishli kreditlarni o'zlashtirmagan hisoblanadi.

### Fan o'qituvchisi to'g'risida ma'lumot

|                      |                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Muallif(lar):</b> | 1. Daminov Jakbarali Abdivaliyevich, dotsent, texnik fanlari nomzodi<br>2. Mavlonov Ravshanbek Abdujabborovich, katta o'qituvchi                                                                                                |
| <b>E-mail:</b>       | 1. <a href="mailto:ajdaminov1959@gmail.com">ajdaminov1959@gmail.com</a><br>2. <a href="mailto:ravshanbek.mavlonov@gmail.com">ravshanbek.mavlonov@gmail.com</a>                                                                  |
| <b>Tashkilot:</b>    | 1. Namangan muhandislik qurilish instituti, "Materiallar qarshiligi va mexanikasi" kafedrası<br>2. Namangan muhandislik qurilish instituti, "Bino va inshootlar qurilishi" kafedrası                                            |
| <b>Taqrizchilar</b>  | Xakimov A.F. – NamMQI, "Materiallar qarshiligi va mexanikasi" kafedrası, t.f.n., dotsent<br>Karimov A.K. – NamMTI, "Umumtexnika" kafedrası, t.f.n., dotsent (turdosh OTM)<br>Z.A.Azimov - "Namangan Sanoat Loyiha" HK direktori |

Mazkur sillabus institut Kengashining 2023 yil \_\_\_ avgustdagi \_\_\_-sonli yig'ilish bayoni bilan tasdiqlangan.

Mazkur sillabus "Materiallar qarshiligi va mexanikasi" kafedrasining 2023 yil \_\_\_ avgustdagi \_\_\_-sonli yig'ilish bayoni bilan ma'qullangan.

Mazkur sillabus "Bino va inshootlar qurilishi" kafedrasining 2023 yil \_\_\_ avgustdagi \_\_\_-sonli yig'ilish bayoni bilan ma'qullangan.

**O'quv-uslubiy boshqarma boshlig'i:**

T.Jo'rayev

**Fakulteti dekani:**

A.Qahharov

**Kafedra mudiri:**

M.Boytemirov

**Tuzuvchilar:**

J.Daminov

R.Mavlonov

## Modulni o'qitishda foydalaniladigan interfaol ta'lim metodlari

### 1. "Keys-stadi" metodi

«Keys-stadi» - inglizcha so'z bo'lib, («case» – aniq vaziyat, hodisa, «stadi» – o'rganmoq, tahlil qilmoq) aniq vaziyatlarni o'rganish, tahlil qilish asosida o'qitishni amalga oshirishga qaratilgan metod hisoblanadi. Mazkur metod dastlab 1921 yil Garvard universitetida amaliy vaziyatlardan iqtisodiy boshqaruv fanlarini o'rganishda foydalanish tartibida qo'llanilgan. Keysda ochiq axborotlardan yoki aniq voqea-hodisadan vaziyat sifatida tahlil uchun foydalanish mumkin. Keys harakatlari o'z ichiga quyidagilarni qamrab oladi: Kim (Who), Qachon (When), Qaerda (Where), Nima uchun (Why), Qanday/ Qanaqa (How), Nima-natija (What).

#### "Keys metodi" ni amalga oshirish bosqichlari

| Ish bosqichlari                                                                                                                            | Faoliyat shakli va mazmuni                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1-bosqich:</b> Keys va uning axborot tahminoti bilan tanishtirish                                                                       | ✓ yakka tartibdagi audio-vizual ish;<br>✓ keys bilan tanishish(matnli, audio yoki media shaklda);<br>✓ axborotni umumlashtirish;<br>✓ axborot tahlili;<br>✓ muammolarni aniqlash                                   |
| <b>2-bosqich:</b> Keysni aniqlashtirish va o'quv topshirig'ni belgilash                                                                    | ✓ individual va guruhda ishlash;<br>✓ muammolarni dolzarblik ierarxiyasini aniqlash;<br>✓ asosiy muammoli vaziyatni belgilash                                                                                      |
| <b>3-bosqich:</b> Keysdagi asosiy muammoni tahlil etish orqali o'quv topshirig'ining yechimini izlash, hal etish yo'llarini ishlab chiqish | ✓ individual va guruhda ishlash;<br>✓ muqobil yechim yo'llarini ishlab chiqish;<br>✓ har bir yechimning imkoniyatlari va to'siqlarni tahlil qilish;<br>✓ muqobil yechimlarni tanlash                               |
| <b>4-bosqich:</b> Keys yechimini yechimini shakllantirish va asoslash, taqdimot.                                                           | ✓ yakka va guruhda ishlash;<br>✓ muqobil variantlarni amalda qo'llash imkoniyatlarini asoslash;<br>✓ ijodiy-loyiha taqdimotini tayyorlash;<br>✓ yakuniy xulosa va vaziyat yechimining amaliy aspektlarini yoritish |

**Keys.** Dinamik massivlar bilan ishlaydigan dastur tuzildi. Dastur vazifasi massiv elementlarini tsiklik ravishda chapga surish. Dastur ishlashi natijasida xatolik kelib chiqdi. Yahni ilova xatolik haqida xabar berdi.

#### Keysni bajarish bosqichlari va topshiriqlar:

- Keysdagi muammoni keltirib chiqargan asosiy sabablarni belgilang (individual va kichik guruhda).
- Dasturni to'g'ri ishlashi uchun bajariladigan ishlar ketma-ketligini belgilang (juftliklardagi ish)

### 2. "Assesment" metodi

**Metodning maqsadi:** mazkur metod tahlim oluvchilarning bilim darajasini baholash, nazorat qilish, o'zlashtirish ko'rsatkichi va amaliy ko'nikmalarini tekshirishga yo'naltirilgan. Mazkur texnika orqali tahlim oluvchilarning bilish faoliyati turli yo'nalishlar (test, amaliy ko'nikmalar, muammoli vaziyatlar mashqi, qiyosiy tahlil, simptomlarni aniqlash) bo'yicha tashhis qilinadi va baholanadi.

#### Metodni amalga oshirish tartibi:

“Assesment” lardan ma’ruza mashg’ulotlarida talabalarning yoki qatnashchilarning mavjud bilim darajasini o’rganishda, yangi ma’lumotlarni bayon qilishda, seminar, amaliy mashg’ulotlarda esa mavzu yoki ma’lumotlarni o’zlashtirish darajasini baholash, shuningdek, o’z-o’zini baholash maqsadida individual shaklda foydalanish tavsiya etiladi. SHuningdek, o’qituvchining ijodiy yondashuvi hamda o’quv maqsadlaridan kelib chiqib, assesmentga qo’shimcha topshiriqlarni kiritish mumkin.

**Namuna.** Har bir katakdagi to’g’ri javob 5 ball yoki 1-5 balgacha baholanishi mumkin.

### **Tect**

- 1. Ta’sir etish xarakteriga qarab kuchlar necha xil bo’ladi?
- A. Statik va dinamik
- V. Yoyilgan
- S. vaqtinchalik

### **Qiyosiy tahlil**

- Statik va dinamik kuchlarni tahlil qiling?

### **Tushuncha tahlili**

- Statik va dinamik so’zini izohlang...

### **Amaliy ko’nikma**

- Statik va dinamik kuchlarga misollar ayting.

### **3. “Tushunchalar tahlili” metodi**

**Metodning maqsadi:** mazkur metod talabalar yoki qatnashchilarni mavzu buyicha tayanch tushunchalarni o’zlashtirish darajasini aniqlash, o’z bilimlarini mustaqil ravishda tekshirish, baholash, shuningdek, yangi mavzu buyicha dastlabki bilimlar darajasini tashhis qilish maqsadida qo’llaniladi. Metodni amalga oshirish tartibi:

- ishtirokchilar mashg’ulot qoidalari bilan tanishtiriladi;
- o’quvchilarga mavzuga yoki bobga tegishli bo’lgan so’zlar, tushunchalar nomi tushirilgan tarqatmalar beriladi ( individual yoki guruhli tartibda);
- o’quvchilar mazkur tushunchalar qanday mahno anglatishi, qachon, qanday holatlarda qo’llanilishi haqida yozma ma’lumot beradilar;
- belgilangan vaqt yakuniga yetgach o’qituvchi berilgan tushunchalarning tugri va tuliq izohini uqib eshittiradi yoki slayd orqali namoyish etadi;
- har bir ishtirokchi berilgan tugri javoblar bilan uzining shaxsiy munosabatini taqqoslaydi, farqlarini aniqlaydi va o’z bilim darajasini tekshirib, baholaydi.

**Namuna: “Tayanch va ularning turlari”**

| <b>Tushunchalar</b> | <b>Sizningcha bu tushuncha qanday mahnoni anglatadi?</b>         | <b>Qo’shimcha ma’lumot</b> |
|---------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Tayanch             | inshootning poydevor yoki zamin bilan birikkan qismiga aytiladi. |                            |



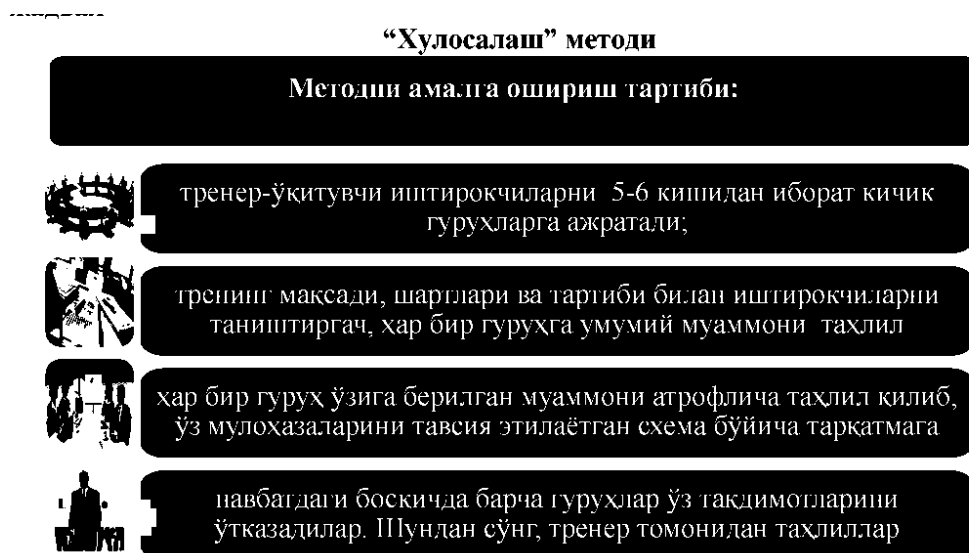
|                                 |                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| SHarnirli qo'zg'aluvchi tayanch | bunday tayanchlar to'sin uchining gorizontaal ko'chishiga va thsin ko'ndalang kesimining burilishiga qarshilik ko'rsatmaydi.                                                                                                                                 |  |
| SHarnirli qo'zg'almas tayanch   | bunday tayanchlar balka uchining hech qanday chiziqli ko'chishiga yo'l qo'ymaydi, faqat tqsining tiralgan nuqtasiga xos kesimning burilishiga imkon beradi.                                                                                                  |  |
| Qistirib mahkamlangan tayanch   | bunday tayanchlar kinematik nuqtai nazardan chiziqli va burchakli ko'chishlarga qarshilik ko'rsatadi. Qistirib mahkamlangan tayanchlarda statik jihatdan vertikal va gorizontaal tuzuvchilarga ajraluvchi reaksiya kuchi bilan reaktiv moment hosil bo'ladi. |  |
| Tayanch reaksiyalari            | tayanchlarni tashlab ularni reaksiyalar bilan almashtirilgan kuchlar.                                                                                                                                                                                        |  |

**Izoh:** Ikkinchi ustunchaga qatnashchilar tomonidan fikr bildiriladi. Mazkur tushunchalar haqida qo'shimcha ma'lumot glossariyda keltirilgan.

### **“Xulosalash” (Rezyume, Veer) metodi**

**Metodning maqsadi:** Bu metod murakkab, ko'p tarmoqli, mumkin qadar, muammoli xarakteridagi mavzularni o'rganishga qaratilgan. Metodning mohiyati shundan iboratki, bunda mavzuning turli tarmoqlari bo'yicha bir xil axborot beriladi va ayni paytda, ularning har biri alohida aspektlarda muhokama etiladi. Masalan, muammo ijobiy va salbiy tomonlari, afzallik, fazilat va kamchiliklari, foyda va zararlari bo'yicha o'rganiladi. Bu interfaol metod tanqidiy, tahliliy, aniq mantiqiy fikrlashni muvaffaqiyatli rivojlantirishga hamda o'quvchilarning mustaqil g'oyalari, fikrlarini yozma va og'zaki shaklda tizimli bayon etish, himoya qilishga imkoniyat yaratadi.

Xulosalash metodidan ma'ruza mashg'ulotlarida individual va juftliklardagi ish shaklida, amaliy va seminar mashg'ulotlarida kichik guruhlardagi ish shaklida mavzu yuzasidan bilimlarni mustahkamlash, tahlili qilish va taqqoslash maqsadida foydalanish mumkin.



### **Venn Diagrammasi metodi**

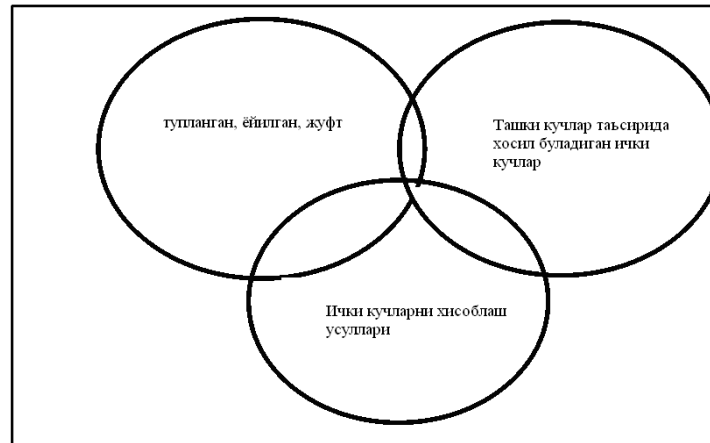
**Metodning maqsadi:** Bu metod grafik tasvir orqali o'qitishni tashkil etish shakli bo'lib, u ikkita o'zaro kesishgan aylana tasviri orqali ifodalanadi. Mazkur metod turli tushunchalar, asoslar, tasavvurlarning analiz va sintezini ikki aspekt orqali ko'rib chiqish, ularning umumiy va farqlovchi jihatlarini aniqlash, taqqoslash imkonini beradi.

**Metodni amalga oshirish tartibi:**

- ishtirokchilar ikki kishidan iborat juftliklarga birlashtiriladilar va ularga ko'rib chiqilayotgan tushuncha yoki asosning o'ziga xos, farqli jihatlarini (yoki aksi) doiralar ichiga yozib chiqish taklif etiladi;
- navbatdagi bosqichda ishtirokchilar to'rt kishidan iborat kichik guruhlariga birlashtiriladi va har bir juftlik o'z tahlili bilan guruh ahzolarini tanishtiradilar;
- juftliklarning tahlili eshitilgach, ular birgalashib, ko'rib chiqilayotgan muammo yohud tushunchalarning umumiy jihatlarini (yoki farqli) izlab topadilar, umumlashtiradilar va doirachalarning kesishgan qismiga yozadilar.

## 1-diagramma

### Venn Diagrammasi (Tashqi kuchlar bo'yicha)



### “Blits-o'yin” metodi

**Metodning maqsadi:** tinglovchilarda tezlik, olgan bilimlar tizimini tahlil qilish, rejalashtirish, prognozlash ko'nikmalarini shakllantirishdan iborat. Mazkur metodni baholash va mustahkamlash maqsadida qo'llash samarali natijalarni beradi.

### Metodni amalga oshirish bosqichlari:

1. Dastlab ishtirokchilarga belgilangan mavzu yuzasidan tayyorlangan topshiriq, yahni tarqatma materiallarni alohida-alohida beriladi va ulardan materialni sinchiklab o'rganish talab etiladi. SHundan so'ng, ishtirokchilarga to'g'ri javoblar tarqatmadagi «yakka baho» kolonkasiga belgilash kerakligi tushuntiriladi. Bu bosqichda vazifa yakka tartibda bajariladi.
2. Navbatdagi bosqichda trener-o'qituvchi ishtirokchilarga uch kishidan iborat kichik guruhlariga birlashtiradi va guruh ahzolarini o'z fikrlari bilan guruhdoshlarini tanishtirib, bahslashib, bir-biriga ta'sir o'tkazib, o'z fikrlariga ishontirish, kelishgan holda bir to'xtamga kelib, javoblarini «guruh bahosi» bo'limiga raqamlar bilan belgilab chiqishni topshiradi. Bu vazifa uchun 15 daqiqa vaqt beriladi.
3. Barcha kichik guruhlar o'z ishlarini tugatgach, to'g'ri harakatlar ketma-ketligi trener-o'qituvchi tomonidan o'qib eshittiriladi, va o'quvchilardan bu javoblarni «to'g'ri javob» bo'limiga yozish so'raladi.
- 4.«To'g'ri javob» bo'limida berilgan raqamlardan «yakka baho» bo'limida berilgan raqamlar taqqoslanib, farq bulsa «0», mos kelsa «1» ball qo'yish so'raladi. SHundan so'ng «yakka xato» bo'limidagi farqlar yuqoridan pastga qarab qo'shib chiqilib, umumiy yig'indi hisoblanadi.
5. Xuddi shu tartibda «to'g'ri javob» va «guruh bahosi» o'rtasidagi farq chiqariladi va ballar «guruh

xatosi» bo'limiga yozib, yuqoridan pastga qarab qo'shiladi va umumiy yig'indi keltirib chiqariladi.

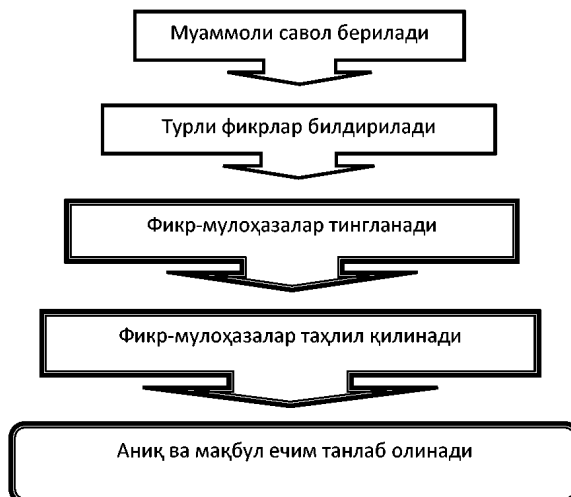
6. Trener-o'qituvchi yakka va guruh xatolarini to'plangan umumiy yig'indi bo'yicha alohida-alohida sharhlab beradi.

7. Ishtirokchilarga olgan baqolariga qarab, ularning mavzu bo'yicha o'zlashtirish darajalari aniqlanadi.

### «Bahs-munozara» metodi

**Bahs-munozara metodi –biror mavzu buyicha tahlil oluvchilar bilan o'zaro bahs-munozara va fikr almashinuv tarzida o'tkaziladigan metoddir.**

#### «BAHS-MUNOZARA» metodining tuzilmasi



### “Muammoli vaziyat” metodi



### “6x6x6” metodi

Bu metod yordamida bir vaqtning o'zida 36 nafar o'quvchi-talabani muayyan faoliyatga jalb etish orqali maolom topshiriq yoki masalani hal etish, shuningdek, guruhlarning har bir aozosi imkoniyatlarini aniqlash, ularning qarashlarini bilib olish mumkin. —6x6x6 metodi asosida tashkil etilayotgan mashg'ulotda har birida 6 nafardan ishtirokchi bo'lgan 6 ta guruh o'qituvchi tomonidan o'rta tashlangan muammo (masala)ni muhokama qiladi (4-diagrammaga qarang).

# TEST SAVOLLARI

## 1-VARIANT

1. Arkaning ko'ngdalang kesimidagi eguvchi moment nimaga teng?

A. Kesimdan bir tomonda joylashgan hamma kuchlarning arka o'qining shu nuqtasiga o'tkazilgan urinmaga proeksiyalarining algebraik yig'indisiga teng.

B. Kesimning bir tomonidagi hamma kuchlardan kesim og'irlik markaziga nisbatan olingan momentlarning algebraik yig'indisiga teng.

C. Kesimdan bir tomonda joylashgan hamma kuchlarning arka o'qining shu nuqtasiga o'tkazilgan urinmaga tik bo'lgan o'qqa proeksiyalarining algebraik yig'indisiga teng.

D. Kesimdan bir tomonda joylashgan hamma kuchlarning balka o'qiga tik bo'lgan o'qqa proeksiyalarining algebraik yig'indisiga teng.

2. Yoyilgan kuchlar birligi qaysi badda ko'rsatilgan.

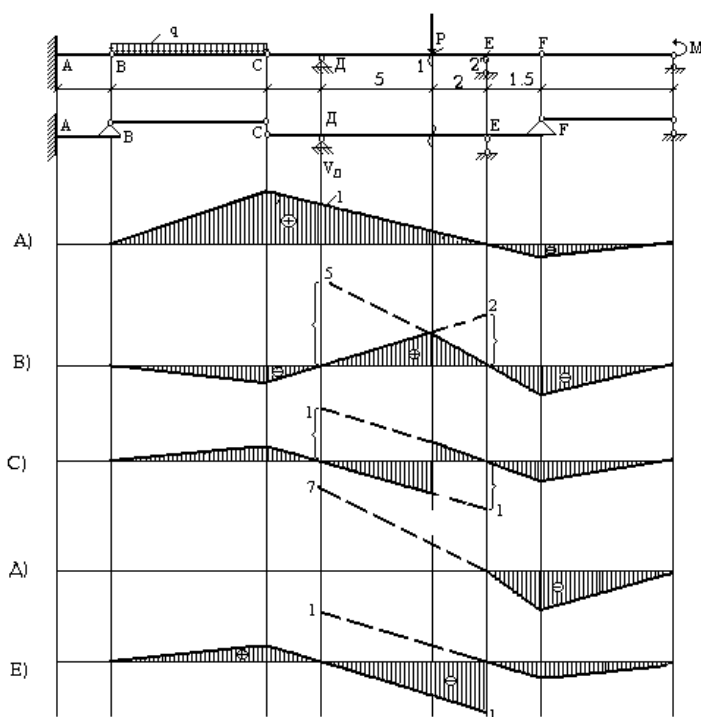
A.  $\kappa H \cdot m$

B. kN

C. m

D.  $\kappa H/m$

3. 1-rasmda 1-kesimning kesuvchi kuch epyurasi qaysi badda to'g'ri ko'rsatilgan?



A. B badda

B. A badda

C. D badda

D. C badda

4. Qistirib mahkamlangan tayanch nima?

A. Inshootning buralishiga, vertikal va gorizontaal ko'chishiga qarshilik ko'rsatuvchi element.

B. Inshootning faqat birgina ko'chishiga qarshilik ko'rsatuvchi element

C. Inshootning vertikal va gorizontaal ko'chishini cheklovchi element

D. Inshootda eguvchi moment hosil bo'lishiga qarshilik ko'rsatadi

5. Xalqaro birliklar sistemasi (SI)da eguvchi moment birligi qaysi badda ko'rsatilgan.

A.  $\kappa H \cdot m$

B. kN

C. m

D. Kg

6. Sharnirlar va sterjenlardan tashkil topgan inshootning erkinlik darajasi qaysi formula yordamida aniqlanadi.

A.  $III = n - 1$

B.  $W = 3D - 2III - C_T$

C.  $W = 3T - C - C_T$

D.  $W = 3D - 2III + C_T$

7. Tayanch deb nimaga aytiladi?

A. Sharnirlar bilan o'zaro biriktirilgan elementga aytiladi.

B. Inshootning faqat vertikal ko'chishiga qarshiilik ko'rsatuvchi elementga aytiladi

C. Inshootning vertikal va gorizontaal ko'chishini cheklovchi elementga aytiladi.

D. Inshootlarni 'oydevor yoki zamin bilan biriktiruvchi va ularning ko'chishini cheklovchi qurilmalarga aytiladi.

8. Shprengelli fermalar deb qanday fermalarga aytiladi?

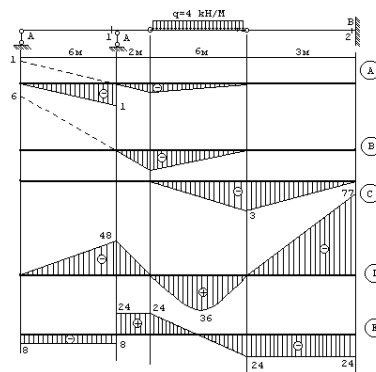
A. Konsolli fermalar.

B. parallel belbog'li fermalar.

C. Arkasimon fermalar.

D. Tugunlarining orasidagi belbog'lar mustaqil fermachalar bilan almashtirilgan fermalar.

9. 2-rasmda 1-kesimning kesuvchi kuch ta'sir chizig'i qaysi chizmada keltirilgan?



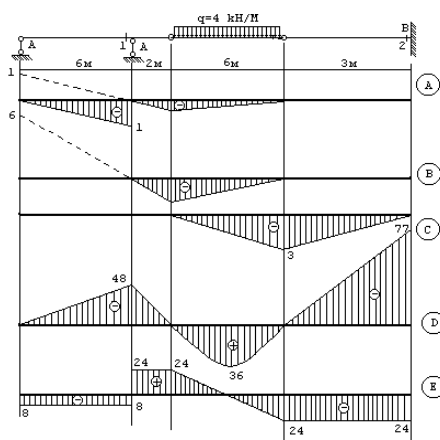
A. C rasmda

B. A rasmda

C. D rasmda

D. B rasmda

10. Eguvchi moment epyurasini ko'rsating. (3-Rasm)



A. B rasmda

B. A rasmda

C. D rasmda

D. S rasmda

11. Mustahkamlikka hisoblash deganda nimani tushunasiz?
- Inshootlarni tashqi kuchlarga chidamli bo'lishi
  - Inshootlarni tashqi yuklar ta'sirida deformatsiyalanganidan keyingi muvozanat holatini saqlash.
  - Inshootga tashqi yuklar ta'siridan hosil bo'ladigan katta ko'chishlarining oldini olish va har xil tebranishlar ta'siriga chidamligini oshirish hamda ulardan mo'tadil foydalanishni ta'minlash.
  - Inshootlarning faqat ichki kuchlarga chidamli bo'lishi
12. Ko'chishlarni o'zaro bog'lanish teoremasining ifodasini aniqlang.
- $\sum \int M^2 dx / 2EI + \sum \int N^2 dx / 2EF + \sum \int Q^2 dx / 2GF$
  - $\sum \int M_1 M_2 dx / 2EI + \sum \int N_1 N_2 dx / 2EF + \sum \int Q_1 Q_2 dx / 2GF$
  - $\sum \int M_p M dx / 2EI + \sum \int N_p N_i dx / 2EF + \sum \int Q_p Q_i dx / 2GF$
  - $\delta_{ii} = \delta_{iI}$
13. Tashqi yuklar ta'sir qilish tabiatiga ko'ra qaysi turlarga bo'linadi
- Doimiy va vaqtinchalik
  - Qo'zg'aluvchan va qo'zg'almas
  - To'plangan va yoyilgan
  - Statik va dinamik
14. Elastik sistemada deformatsiyaning potentsial energiyasining ifodasi qaysi holatda keltirilgan?
- $\sum \int M^2 dx / 2EI + \sum \int N^2 dx / 2EF + \sum \int Q^2 dx / 2GF$
  - $\sum \int M_1 M_2 dx / 2EI + \sum \int N_1 N_2 dx / 2EF + \sum \int Q_1 Q_2 dx / 2GF$
  - $\sum \int M_p M_1 dx / 2EI + \sum \int N_p N_i dx / 2EF + \sum \int Q_p Q_i dx / 2GF$
  - $\sum \int \infty Y_i / EI$
15. Ta'sir chizig'i yordamida zo'riqishlar qaysi ifoda bilan ifodalangan?
- $S = \sum P_i \cdot y$
  - $S_i = \sum g_i \cdot \omega_i + \sum M_i \operatorname{tg} \alpha_i + \sum P_i y_i$
  - $\sum \int M_1 M_2 dx / 2EI + \sum \int N_1 N_2 dx / 2EF + \sum \int Q_1 Q_2 dx / 2GF$
  - $\sum \int M^2 dx / 2EI + \sum \int N^2 dx / 2EF + \sum \int Q^2 dx / 2GF$

## 2-VARIANT

1. Balka faqat tekis tarqalgan va to'plangan kuchlar bilan yuklangan bo'lsa, ta'sir chizig'i yordamida zo'riqishlar qaysi ifoda bilan aniqlanadi?
- $S = P_i Y_i$
  - $S = \sum P_i Y_i + \sum g_i w_i$
  - $S = \sum M_i \operatorname{tg} \alpha_i$
  - $S = \sum g_i w_i$
2. Uch sharnirli sistema deb nimaga aytiladi?
- O'zaro bitta sharnir, asos bilan 2 ta sharnir yordamida tutashgan ikki diskdan iborat sistemaga aytiladi.
  - Disklar egri sterjenlardan tashkil to'gan uch sharnirli sistemaga aytiladi
  - Disklar to'g'ri va siniq sterjenlardan tashkil to'gan uch sharnir sistemaga aytiladi
  - Disklar fermalardan tashkil to'gan uch sharnirli sistemaga aytiladi
3. Ikkita diskni geometrik o'zgarmas qilib bog'lash shartlari qaysi holatda to'g'ri keltirilgan?
- Ikkita disk uchta sharnir yordamida geometrik o'zgarmas bog'lanishi mumkin agar bog'lovchi sharnirlar bir chiziqlida yotmasa.
  - Ikkita disk uchta sterjen yordamida geometrik o'zgarmas bog'lanishi mumkin, agar bog'lovchi sterjenlar o'zaro parallel bo'lsa.

C. Ikkita disk uchta sterjen yordamida geometrik o'zgaras bog'lanishi mumkin, agar bog'lovchi sterjenlar yo'nalishlari umumiy kesishish nuqtasiga ega bo'lsa.

D. Ikkita disk uchta sharnir yordamida geometrik o'zgaras bog'lanishi mumkin, agar bog'lovchi sharnirlar bir chiziqli yotsa.

4. Uch sharnirli arka deb nimaga aytiladi?

A. O'zaro bitta sharnir asos bilan 2 ta sharnir yordamida tutashgan ikki diskdan iborat sistemaga aytiladi.

B. Disklar egri sterjenlardan tashkil to'gan uch sharnirli sistemaga aytiladi

C. Disklar to'g'ri va siniq sterjenlardan tashkil to'gan uch sharnirli sistemaga aytiladi.

D. Disklar fermalardan tashkil to'gan uch sharnirli sistemaga aytiladi

5 Uch sharnirli arkasimon ferma deb nimaga aytiladi?

A. O'zaro bitta sharnir asos bilan 2 ta sharnir yordamida tutashgan ikki diskdan iborat sistemaga aytiladi

B. Disklar egri sterjenlardan tashkil to'gan uch sharnirli sistemaga aytiladi

C. Disklar to'g'ri va siniq sterjenlardan tashkil to'gan uch sharnir sistemaga aytiladi

D. Disklar fermalardan tashkil to'gan uch sharnirli sistemaga aytiladi

6. Elastik sistemalarda deformasiyaning potentsial energiyasi qaysi formula orqali xarakterlanadi?

A.  $U = \sum \int M_p M dx / 2EI + \sum \int N_p N_i dx / 2EF + \sum \int Q_p Q_i dx / 2GF$

B.  $U = \sum \int_0^l \frac{M^2 dx}{2EI} + \sum \int_0^l \frac{N^2 dx}{2EF} + \sum \int_0^l \frac{Q^2 dx}{2GF}$

C.  $A = \frac{M \cdot \varphi}{2}$

D.  $\Delta \varphi = \frac{M \cdot dx}{EI}$

7. Erkinlik darajasi qanday talabga javob beruvchi sistema geometrik qo'zg'almas va statik aniq sistema deyiladi?

A.  $W \geq 0$

B.  $W \leq 0$

C.  $W = 0$

D.  $W \geq 0$

8. Ferma deb nimaga aytiladi?

A. Balkalarni o'zaro biriktirish natijasida hosil qilingan sistemaga aytiladi.

B. Sterjenlarni biki biriktirish natijasida hosil qilingan sistemaga aytiladi.

C. Biki tugunlari sharnirlar bilan almashtirilishidan hosil qilingan geometrik o'zgaras sterjenli sistemalariga aytiladi.

D. Balkalar yig'indisidan iborat.

9. Ferma sterjenlari orasidagi burchak necha gradus bo'lsa, ferma maqbul bo'lib, ularda eng kam zo'riqishlar hosil bo'ladi?

A.  $30^\circ$

B.  $55^\circ$

C.  $130^\circ$

D.  $45^\circ$

10. Epyura deb nimaga aytiladi?

A. Harakatlanuvchi birlik kuch ta'sirida biror bir kattalikning o'zgarishini ifodalovchi grafik.

B. Harakatlanuvchi tashqi yuk ta'sirida inshootning biror qismida hosil bo'luvchi zo'riqish miqdori.

C. Tashqi yuklar ta'sirida biror zo'riqishning inshoot bo'yicha o'zgarishini ifodalovchi grafik.

D. Ko'zg'almas kuchlar ta'sirida tayanchlarda hosil bo'luvchi reaksiya kuchi.

11. Tayanchlarning cho'kishidan hosil bo'ladigan ko'chishlar qaysi ifoda bilan aniqlanadi?

A.  $\Delta_{ip} = \sum \int \frac{\bar{M}_i \cdot M_p}{EI} dx + \sum \int \frac{\bar{N}_i N_p}{EF} dx + \sum \int \frac{\bar{Q}_i Q_p}{GF} dx$

$$B. \Delta_{ip} = \frac{1}{EI} \int \frac{M_i M_p}{EI} dx$$

$$C. \Delta_{it} = \sum \alpha \frac{t_1 - t_2}{L} \int \bar{M}_p dx + \sum \alpha \frac{t_1 + t_2}{2} \int \bar{N}_p dx$$

$$D. \Delta_{ic} = R \cdot \Delta_c$$

12. Shprengelli fermaning ikkinchi toifali elementlaridagi zo'riqishlar qanday aniqlanadi?

A. Shprengel fermachaning alohida hisobidan

B. Asosiy ferma va shprengelning alohida hisobidan to'lgan qiymatlar yig'indisi ko'rinishida.

C. Harakat yuqori belbog' bo'ylab deb hisoblab ta'sir chizig'ini qurish orqali

D. Harakat ostki belbog' bo'ylab deb hisoblab ta'sir chizig'ini qurish orqali

13. Balka faqat tekis tarqalgan va to'plangan kuchlar bilan yuklangan bo'lsa ta'sir chizig'i yordamida zo'riqishlar qaysi ifoda bilan aniqlanadi?

$$A. S = P_i Y_i$$

$$B. S = \sum P_i Y_i + \sum g_i w_i$$

$$C. S = \sum M_i \tan \alpha_i$$

$$D. S = \sum g_i w_i$$

14. Fermalarning erkinlik darajasi qaysi formula yordamida aniqlanadi.

$$A. III = n - 1$$

$$B. W = 3D - 2III - C_T$$

$$C. W = 2T - C - C_T$$

$$D. U = 2T - C - 3$$

15. Ferma sterjenlaridagi zo'riqishlarni aniqlash usullari ko'rsatilgan banddini ko'rsating.

A. Tugun qirqish usuli, to'liq kesim usuli

B. Ko'shma kesim usuli

S. Sterjenlarni almashtirish usuli, yopiq kontur usuli

D. Grafik usuli

### 3-VARIANT

1. Balkaning ixtiyoriy kesimidagi kesuvchi kuch nimaga teng?

A. Kesimdan bir tomonda joylashgan hamma kuchlarning arka o'qining shu nuqtasiga o'tkazilgan urinmaga proeksiyalarining algebraik yig'indisiga teng.

B. Kesimning bir tomonidagi hamma kuchlardan kesim og'irlik markaziga nisbatan olingan momentlarning algebraik yig'indisiga teng.

C. Kesimdan bir tomonda joylashgan hamma kuchlarning arka o'qining shu nuqtasiga o'tkazilgan urinmaga tik bo'lgan o'qqa proeksiyalarining algebraik yig'indisiga teng.

D. Kesimdan bir tomonda joylashgan hamma kuchlarning vertikal bo'lgan o'qqa proeksiyalarining algebraik yig'indisiga teng.

2. Ustivorlikka hisoblash deganda nimani tushunasiz?

A. Inshootlarni tashqi kuchlarga chidamli bo'lishi

B. Inshootlarni tashqi yuklar ta'sirida deformasiyalangandan keyingi muvozanat holatini saqlash.

C. Inshootga tashqi yuklar ta'siridan hosil bo'ladigan katta ko'chishlarining oldini olish va har xil tebranishlar ta'siriga chidamligini oshirish hamda ulardan mo'tadil foydalanishni ta'minlash.

D. Inshootlarning faqat ichki kuchlarga chidamli bo'lishi.

3. Xalqaro birliklar sistemasi (SI)da bo'ylama kuch birligi qaysi bandda ko'rsatilgan.

$$A. \kappa H \cdot M$$

$$B. kN$$

$$C. m$$

$$D. Kg$$

4. Zo'riqish epyurasi deb nimaga aytiladi.

A. Tashqi yuklar ta'sirida biror zo'riqishning inshoot bo'yicha o'zgarishini ifodalovchi grafik.

B. Qo'zg'almas kuchlar ta'sirida tayanchlarda hosil bo'luvchi reaksiya kuchi.

C. Harakatlanuvchi birlik kuch ta'sirida biror bir kattalikning o'zgarishini ifodalovchi grafik.



D. Harakatlanuvchi tashqi yuk ta'sirida inshootning biror qismida hosil bo'luvchi zo'riqish miqdori.

5. Hisoblash tarxlari qanday belgilariga ko'ra turlarga bo'linadi?

A. Geometrik belgisiga ko'ra

B. Kinematik belgisiga ko'ra

C. Inshoot elementlarining o'zaro bog'lanishiga ko'ra, inshoot elementlarining joylashishiga ko'ra

D. Barcha javoblar to'g'ri

6. Tashqi yuklar ta'sir etish vaqtiga ko'ra qaysi turlarga bo'linadi

A. Doimiy va vaqtinchalik

B. Qo'zg'aluvchan va qo'zg'almas

C. To'plangan va yoyilgan

D. Statik va dinamik

7. Sharnirlar va tayanch sterjenlari yordamida birlashtirilgan disklardan tashkil to'gan inshootning erkinlik darajasi qaysi formula yordamida aniqlanadi.

A.  $III = n - 1$

B.  $W = 3D - 2III - C_T$

C.  $W = 3T - C - C_T$

D.  $W = 3D - 2III + C_T$

8. Inshootga tashqaridan ta'sir qiluvchi kuchlarga qaysi kuchlar kiradi?

A. Bo'ylama kuchlar, eguvchi moment, ko'ngdalang kuch

B. Inshootning og'irligi, eguvchi moment, atmosfera kuchlari

C. Asbob-uskunalar va odamlarning og'irliklari, ko'ngdalang kuch

D. Inshootning o'z og'irligi, asbob-uskunalar va odamlarning og'irliklari, atmosfera kuchlari

9. Ko'p oraliqli statik aniq balka ta'rifi qaysi bandda to'g'ri keltirilgan.

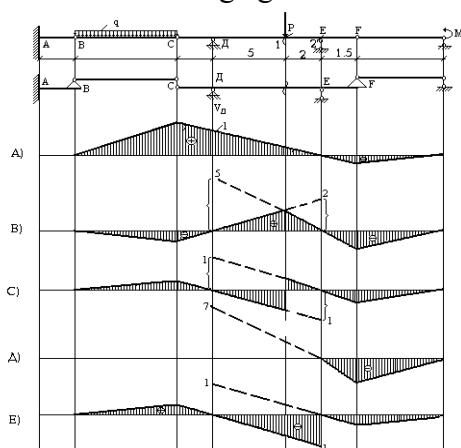
A. Bir necha oddiy balkalarni o'zaro sharnirlar yordamida biriktirishdan hosil bo'lgan geometrik o'zgarmas statik aniq sistema.

B. Bir necha oddiy balkalarni o'zaro sharnirlar yordamida biriktirishdan hosil bo'lgan geometrik o'zgaruvchan statik aniq sistema.

C. Bir necha oddiy balkalarni biki bog'lanishidan hosil bo'lgan sistema

D. Faqat ikkita balkaning biki birikishidan hosil bo'lgan sistema

10. 4-rasmda 2-kesimning eguvchi moment ta'sir chizig'i qaysi bandda to'g'ri ko'rsatilgan?



A. B bandda

B. A bandda

C. D bandda

D. C bandda

11. Balka faqat tekis tarqalgan kuchlar bilan yuklangan bo'lsa, ta'sir chizig'i yordamida zo'riqishlar qaysi ifoda bilan aniqlanadi.

A.  $S = \sum P_i Y_i + \sum g_i w_i + \sum M_i \operatorname{tg} \alpha_i$

B.  $S = \sum P_i Y_i$

C.  $S = \sum g_i w_i$

D.  $S = \sum M_i \tan \alpha_i$

12. Sharnirli ko'zg'almas tayanch nima?

A. Sharnirlar bilan o'zaro biriktirilgan element.

B. Inshootning faqat birgina ko'chishiga qarshilik ko'rsatuvchi element

C. Inshootning vertikal va gorizonttal ko'chishini cheklovchi element

D. Inshootning buralishini cheklovchi qurilmaga aytiladi

13. Mor formulasini ko'rsating.

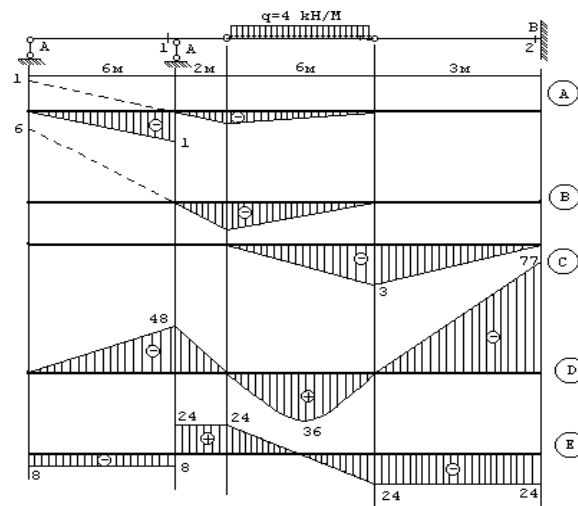
A.  $\sum \int M^2 dx / 2EI + \sum \int N^2 dx / 2EF + \sum \eta \int Q^2 dx / 2GF$

B.  $\sum \int M_1 M_2 dx / 2EI + \sum \int N_1 N_2 dx / 2EF + \sum \eta \int Q_1 Q_2 dx / 2GF$

C.  $\sum \int M_p M_i dx / EI + \sum \int N_p N_i dx / EI + \sum \eta \int Q_p Q_i dx / EI$

D.  $\sum \int \omega_i y_i / EI$

14. Eguvchi moment epyurasi qaysi bandda to'g'ri ko'rsatilgan? (5-rasm)



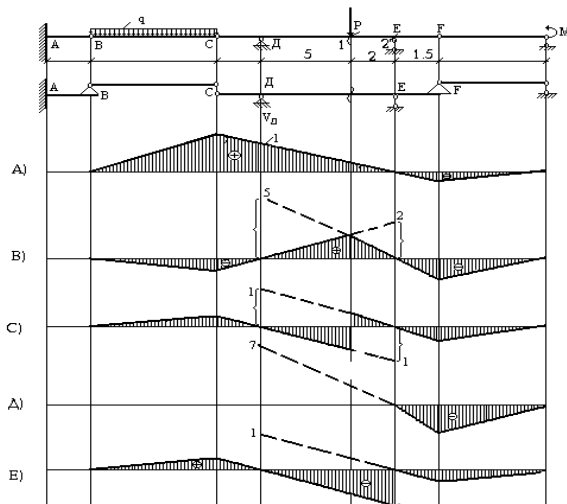
A. B rasmda

B. A rasmda

C. D rasmda

D. C rasmda

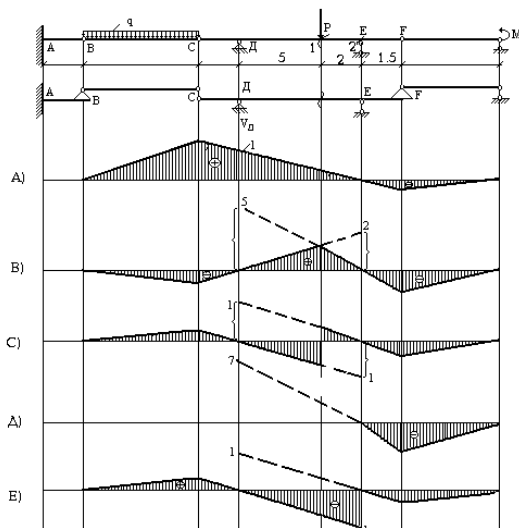
15. 6-rasmda 1-kesimning eguvchi moment ta'sir chizig'i qaysi bandda to'g'ri ko'rsatilgan?



- A. B bandda
- B. A bandda
- C. D bandda
- D. C bandda

#### 4-VARIANT

1. Tashqi yuklar qo'yilishiga ko'ra qaysi turlarga bo'linadi
  - A. Doimiy va vaqtinchalik
  - B. Ko'zgaluvchan va ko'zgalmas
  - C. To'plangan va yoyilgan
  - D. Statik va dinamik
2. Sharnirli ko'zg'aluvchan tayanch nima?
  - A. Sharnirlar bilan o'zaro biriktirilgan element.
  - B. Inshootning faqat birgina chiziqli ko'chishiga qarshilik ko'rsatuvchi element
  - C. Inshootning vertikal va gorizontaal ko'chishini cheklovchi element
  - D. Inshootda eguvchi moment hosil bo'lishiga qarshilik ko'rsatadi
3. Birklikka hisoblash deganda nimani tushunasiz?
  - A. Inshootlarni tashqi kuchlarga chidamli bo'lishi
  - B. Inshootlarni tashqi yuklar ta'sirida deformasiyalangandan keyingi muvozanat holatini saqlash.
  - C. Inshootga tashqi yuklar ta'siridan hosil bo'ladigan katta ko'chishlarining oldini olish va har xil tebranishlar ta'siriga chidamligini oshirish hamda ulardan mo'tadil foydalanishni tahminlash.
  - D. Inshootlarning faqat ichki kuchlarga chidamli bo'lishi
4. Inshootning erkinlik darajasi deganda nimani tushunasiz?
  - A. Inshootlarning geometrik qo'zg'armas elementlari soniga aytiladi.
  - B. Inshoot yoki sistema elementlari holatini to'lig'icha aniqlaydigan, bir-biriga bog'liq bo'lmagan geometrik parametrlar soniga aytiladi
  - C. Inshoot yoki sistema elementlari holatini to'lig'icha aniqlaydigan, bir-biriga bog'liq bo'lgan geometrik parametrlar soniga aytiladi
  - D. Inshoot yoki sistemadagi sterjenlar soniga aytiladi.
5. Balka faqat to'plangan kuchlar bilan yuklangan bo'lsa ta'sir chizig'i yordamida zo'riqishlar qaysi ifoda bilan aniqlanadi?
  - A.  $S = \sum M_i \operatorname{tg} \alpha_i$
  - B.  $S = \sum P_i Y_i$
  - C.  $S = \sum g_i w_i$
  - D.  $S = \sum P_i Y_i + \sum g_i w_i + \sum M_i \operatorname{tg} \alpha_i$
6. Inshootga tashqi kuchlar ta'sir etganda qanday ichki zo'riqish kuchlari hosil bo'ladi?
  - A. Bo'ylama kuchlar, eguvchi moment, ko'ngdalang kuch
  - B. Inshootning og'irligi, eguvchi moment, atmosfera kuchlari
  - C. Asbob-uskunalar va odamlarning og'irliklari, ko'ngdalang kuch
  - D. Inshootning o'z og'irligi, asbob-uskunalar va odamlarning og'irliklari, atmosfera kuchlari
7. Statik aniq sistemalarda ichki zo'riqishlarni aniqlash usullari qaysi bandda to'g'ri ko'rsatilgan?
  - A. Kesishlar usuli
  - B. Bog'lanishlarni almashtirish usuli
  - C. Kinematik usul
  - D. Kesimlar usuli, bog'lanishlarni almashtirish usuli, kesishlar usuli, kinematik usul
8. 7-rasmda 2-kesimning kesuvchi kuch ta'sir chizig'i qaysi bandda to'g'ri ko'rsatilgan?



A. B bandda

B. A bandda

C. D bandda

D. E bandda

9. Ta'sir chizig'i nima ?

A. Harakatlanuvchi birlik kuch ta'sirida biror bir kattalikning o'zgarishini ifodalovchi grafik.

B. Harakatlanuvchi tashqi yuk ta'sirida inshootning biror qismida hosil bo'luvchi zo'riqish miqdori.

C. Tashqi yuklar ta'sirida biror zo'riqishning inshoot bo'yicha o'zgarishini ifodalovchi grafik.

D. Birlik kuch harakat grafigi

10. Ko'chishlarni aniqlashning Vereshchagin formulasini aniqlang.

A.  $\sum \int M^2 dx / 2EI + \sum \int N^2 dx / 2EF + \sum \eta \int Q^2 dx / 2GF$

B.  $\sum \int M_1 M_2 dx / 2EI + \sum \int N_1 N_2 dx / 2EF + \sum \eta \int Q_1 Q_2 dx / 2GF$

C.  $\sum \int M_p M_i dx / 2EI + \sum \int N_p N_i dx / 2EF + \sum \eta \int Q_p Q_i dx / 2GF$

D.  $\sum \int \omega_i y_i / EI$

11.  $R_1$  kuchdan hosil bo'ladigan zo'riqish kuchlarining  $R_2$  kuch ta'sirida hosil bo'lgan ko'chishlarda bajara oladigan ishining ifodasini aniqlang.

A.  $\sum \int M^2 dx / 2EI + \sum \int N^2 dx / 2EF + \sum \eta \int Q^2 dx / 2GF$

B.  $\sum \int M_1 M_2 dx / 2EI + \sum \int N_1 N_2 dx / 2EF + \sum \eta \int Q_1 Q_2 dx / 2GF$

C.  $\sum \int M_p M_i dx / 2EI + \sum \int N_p N_i dx / 2EF + \sum \eta \int Q_p Q_i dx / 2GF$

D.  $\sum \int \omega_i y_i / EI$

12. Arkaning ko'ngdalang kesimidagi bo'ylama kuch nimaga teng?

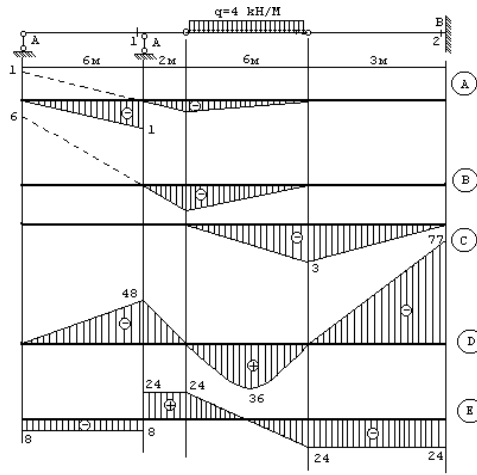
A. Kesimdan bir tomonda joylashgan hamma kuchlarning arka o'qining shu nuqtasiga o'tkazilgan urinmaga proeksiyalarining algebraik yig'indisiga teng.

B. Kesimning bir tomonidagi hamma kuchlardan kesim og'irlik markaziga nisbatan olingan momentlarning algebraik yig'indisiga teng.

C. Kesimdan bir tomonda joylashgan hamma kuchlarning arka o'qining shu nuqtasiga o'tkazilgan urinmaga tik bo'lgan o'qqa proeksiyalarining algebraik yig'indisiga teng.

D. Kesimdan bir tomonda joylashgan hamma kuchlarning balka o'qiga tik bo'lgan o'qqa proeksiyalarining algebraik yig'indisiga teng.

13. 8-rasmda 1-kesimning eguvchi moment ta'sir chizigini aniqlang.



A. B rasmda

B. A rasmda

C. D rasmda

D. C rasmda

14. Halqaro birliklar sistemasi (SI)da ko'ngdalang kuch birligi qaysi bandda ko'rsatilgan.

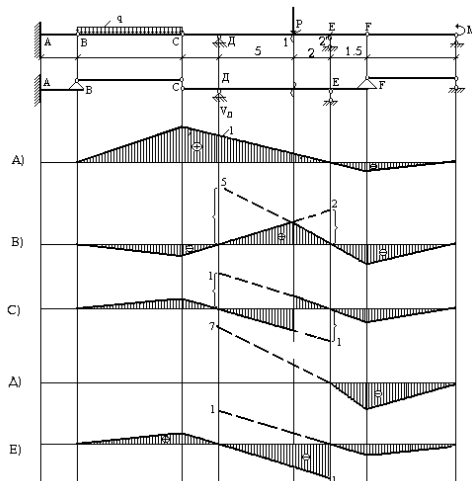
A.  $\kappa H \cdot M$

B. kN

C. m

D. Kg

15. 9-rasmda D kesimning kesuvchi kuch ta'sir chizigi qaysi bandda to'g'ri ko'rsatilgan?



A. B bandda

B. A bandda

C. D bandda

D. E bandda

### 5-VARIANT

1. Statik aniqmas sistemalar qaysi usullarda hisoblanadi?

A. Kuchlar usuli

B. Ko'chishlar usuli

C. Aralash va kombinatsiyalash usuli

D. Barcha javoblar to'g'ri

2. Statik aniqmas sistemalarni yechish kanonik tenglamasi qaysi bandda to'g'ri ko'rsatilgan?

A.  $\delta_{ii} = \sum \int \frac{\bar{M}_i^2}{EI} dx$

$$B. \delta_{ij} = \sum \int \frac{\overline{M}_i \overline{M}_j}{EI} dx$$

$$C. \delta_{ip} = \sum \int \frac{\overline{M}_i M_p}{EI} dx$$

$$\delta_{11} \cdot X_1 + \delta_{12} \cdot X_2 + \dots + \delta_{1n} \cdot X_n + \Delta_{1P} = 0,$$

$$D. \delta_{21} \cdot X_1 + \delta_{22} \cdot X_2 + \dots + \delta_{2n} \cdot X_n + \Delta_{2P} = 0,$$

$$\dots \dots \dots$$

$$\delta_{n1} \cdot X_1 + \delta_{n2} \cdot X_2 + \dots + \delta_{nn} \cdot X_n + \Delta_{nP} = 0$$

3. Tutash balkalarning statik aniqmaslik darajasi qaysi formulalar orqali aniqlanadi?

A.  $III = n - 1$ ,  $S_A = 3K - C$

B.  $C_A = 2III + C_T - 3D$ ,  $C_A = n - 1$ ,  $S_A = S_T - 3$

C.  $W = 2T - C - C_T$ ,  $C_A = 2III + C_T - 3D$

D.  $U = 2T - C - 3$ ,  $S_A = S_T - 3$

4. Qanday ramalar erkin ramalar deyiladi?

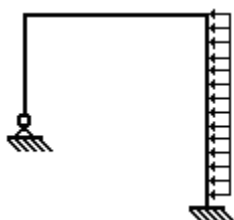
A. Tugunlarining chiziqli ko'chishlari nolga teng bo'lmagan ramalar

B. Tugunlarining chiziqli ko'chishlari nolga teng bo'lgan ramalar

C. Tugunlari burchakli va chiziqli ko'chishlarga ega bo'lgan ramalar

D. Tugunlarining burchakli ko'chishlari nolga teng bo'lgan ramalar

5. Berilgan 10-rasmdagi rama necha marta statik aniqmas sistema?



- A. Uch marta
- B. Ikki marta
- C. Statik aniq sistema
- D. To'rt marta
- E. Bir marta

6. Berilgan 11-rasmdagi rama necha marta statik aniqmas sistema hisoblanadi?



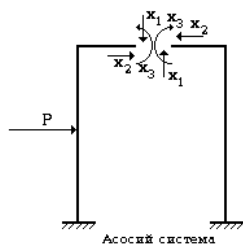
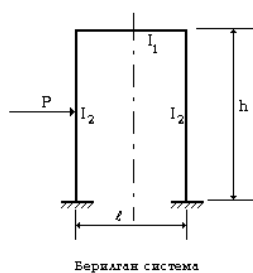
- A. Uch marta
- B. Ikki marta
- C. Statik aniq sistema
- D. To'rt marta

7. Berilgan 12-rasmdagi rama necha marta statik aniqmas sistema hisoblanadi



- A. Uch marta
- B. Ikki marta
- C. Statik aniq sistema
- D. To'rt marta

8. Quyidagi ramani kuchlar usulida hisoblashda qanday soddalashtirish usulidan foydalanish tavsiya etilmoqda?



A. Noma'lumlarni guruhlash usuli

B. Nosimmetrik yuklarni va teskari simmetrik yuklarga ajratish

C. Sistemani simmetrikligidan foydalanish.

D. Uch moment tenglamasi

9. Statik noaniq sistemalar qanday xossalarga ega?

A. Bunday sistemalar o'ziga xos statik aniq sistemalarga nisbatan tejamkor bo'ladi

B. Bunday sistemalarda biror ortiqcha bog'lanishning shikastlanishi inshootning butunlay ishdan chiqishiga olib kelmaydi.

C. Bunday sistemalar statik aniq sistemalarga nisbatan bikrligi yuqoriroq bo'ladi

D. Barcha javoblar to'g'ri

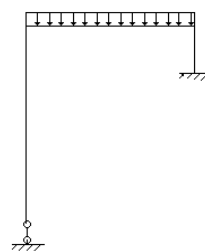
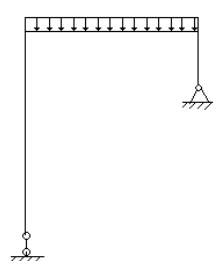
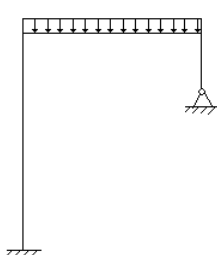
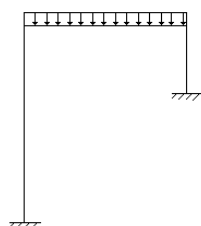
10. Qaysi rasmda ikki marta statik aniqmas sistema ko'rsatilgan?

A.

B.

C.

D.



11. Statik aniqmas sistemalarda asosiy sistemalarni hosil qilishning necha xil yo'li bor?

A. 2 xil

B. 5 xil

C. 3 xil

D. 4 xil

12.  $\delta_{11}$  -ifoda qanday ma'noni anglatadi?

A.  $-x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_1 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;

B.  $x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_2 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;

C.  $x_1$  kuchi yo'nalishida  $\Delta_{2p} = x_2$  kuchi yo'nalishida tashqi kuchlar ta'sirida hosil bo'lgan ko'chishi;

D. Sterjen uchi C ning  $X_1$  kuch yo'nalishidagi ko'chishi

13.  $\delta_{12}$  -ifoda qanday ma'noni anglatadi?

A.  $-x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_1 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;

B.  $x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_2 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;

C.  $x_1$  kuchi yo'nalishida  $\Delta_{2p} = x_2$  kuchi yo'nalishida tashqi kuchlar ta'sirida hosil bo'lgan ko'chishi;

D. Sterjen uchi C ning  $X_1$  kuch yo'nalishidagi ko'chishi

14,  $\Delta_{1p}$  -ifoda qanday ma'noni anglatadi?

- A.  $-x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_1 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;
- B.  $x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_2 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;
- C.  $x_1$  kuchi yo'nalishida  $\Delta_{2p} = x_2$  kuchi yo'nalishida tashqi kuchlar ta'sirida hosil bo'lgan ko'chishi;
- D. Sterjen uchi C ning  $X_1$  kuch yo'nalishidagi ko'chishi

15,  $\Delta_{x1}$  -ifoda qanday ma'noni anglatadi?

- A.  $-x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_1 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;
- B.  $x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_2 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;
- C.  $x_1$  kuchi yo'nalishida  $\Delta_{2p} = x_2$  kuchi yo'nalishida tashqi kuchlar ta'sirida hosil bo'lgan ko'chishi;
- D. Sterjen uchi C ning  $X_1$  kuch yo'nalishidagi ko'chishi

#### 6-VARIANT

1. Statik aniqmaslik darajasi qaysi formula yordamida aniqlanadi?

- A.  $III = n - 1$
- B.  $C_A = 2III + C_T - 3D$
- C.  $W = 2T - C - C_T$
- D.  $U = 2T - C - 3$

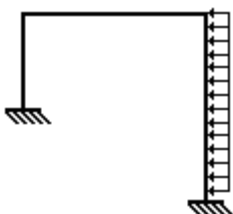
2. Statik aniqmas sistemalarning yakuniy eguvchi moment epyurasi qaysi formula yordamida chiziladi?

- A.  $\delta_{ii} = \sum \int \frac{\bar{M}_i^2}{EI} dx$
- B.  $M_X = \bar{M}_1 X_1 + \bar{M}_2 X_2 + \dots + \bar{M}_n X_n + M_P$
- C.  $\delta_{ip} = \sum \int \frac{\bar{M}_i M_P}{EI} dx$
- D.  $\delta_{11} \cdot X_1 + \delta_{12} \cdot X_2 + \dots + \delta_{1n} \cdot X_n + \Delta_{1P} = 0,$   
 $\delta_{21} \cdot X_1 + \delta_{22} \cdot X_2 + \dots + \delta_{2n} \cdot X_n + \Delta_{2P} = 0,$   
 $\dots \dots \dots$   
 $\delta_{n1} \cdot X_1 + \delta_{n2} \cdot X_2 + \dots + \delta_{nn} \cdot X_n + \Delta_{nP} = 0$

3 Statik aniqmas tutash balkalar qanday usulda hisoblanadi?

- A. Kuchlar usulida
- B. Uch moment usulida
- C. Ko'chishlar usulida
- D. Hamma javob to'g'ri

4. Berilgan 13-rasmdagi rama necha marta statik aniqmas sistema?



- A. Uch marta
- B. Ikki marta
- C. Statik aniq sistema
- D. To'rt marta

5. Berilgan 14-rasmdagi rama necha marta statik aniqmas sistema hisoblanadi

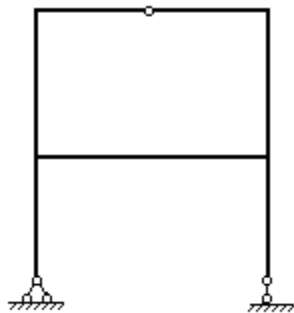


- A. Uch marta



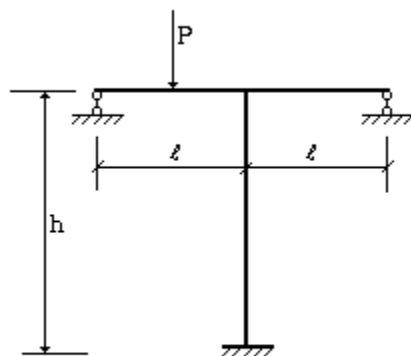
- B. Ikki marta
- C. Statik aniq sistema
- D. To'rt marta

6. Berilgan 15-rasmdagi rama necha marta statik aniqmas sistema hisoblanadi

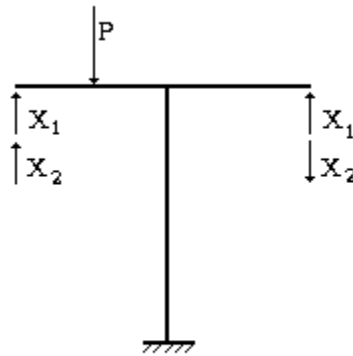


- A. Uch marta
- B. Ikki marta
- C. Statik aniq sistema
- D. To'rt marta

7. Quyidagi ramani kuchlar usulida hisoblashda qanday soddalashtirish usulidan foydalanish tavsiya etilmoqda?



Берилган система



Агосий система

- A. Noma'lumlarni guruxlash usuli
- B. Nosimmetrik yuklarni va teskari simmetrik yuklarga ajratish
- C. Sistemani simmetrikligidan foydalanish.
- D. Uch moment tenglamasi

8,  $\Delta_{x_2}$  -ifoda qanday ma'noni anglatadi?

- A.  $-x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_1 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;
- B.  $x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_2 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;
- C.  $x_1$  kuchi yo'nalishida  $\Delta_{2p} = x_2$  kuchi yo'nalishida tashqi kuchlar ta'sirida hosil bo'lgan ko'chishi;
- D. Sterjen uchi C ning  $X_1$  kuch yo'nalishidagi ko'chishi

9,  $\overline{M}_1$  -ifoda qanday ma'noni anglatadi?

- A.  $-x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_1 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;
- B.  $x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_2 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;

C.  $x_1$  kuchi yo'nalishida  $\Delta_{2p} = x_2$  kuchi yo'nalishida tashqi kuchlar ta'sirida hosil bo'lgan ko'chishi;

D. Asosiy sistemaning istalgan kesimda birlik kuch  $x_1 = 1$  dan hosil bo'ladigan moment

10.  $\overline{M}_2$  -ifoda qanday ma'noni anglatadi?

A.  $-x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_1 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;

B.  $x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_2 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;

C.  $x_1$  kuchi yo'nalishida  $\Delta_{2p} = x_2$  kuchi yo'nalishida tashqi kuchlar ta'sirida hosil bo'lgan ko'chishi;

D. Asosiy sistemaning istalgan kesimda birlik kuch  $x_2 = 1$  dan hosil bo'ladigan moment

11. Statik noaniq sistemalar qanday xossalarga ega?

A. Bunday sistemalar o'ziga xos statik aniq sistemalar nisbatan tejamkor bo'ladi

B. Bunday sistemalarda biror ortiqcha bog'lanishning shikastlanishi inshootning butunlay ishdan chiqishiga olib kelmaydi.

C. Barcha javoblar to'g'ri

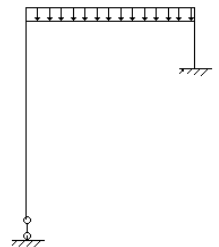
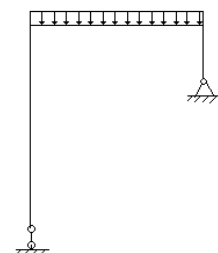
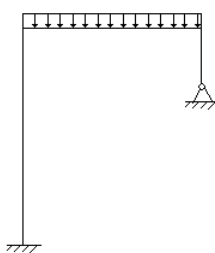
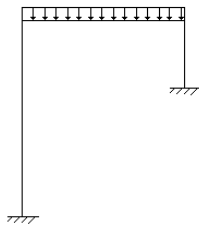
12. Qaysi rasmda ikki marta statik aniqmas sistema ko'rsatilgan?

A.

B.

C.

D.



13.  $\delta_{11}$  -ifoda qanday ma'noni anglatadi?

A.  $-x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_1 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;

B.  $x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_2 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;

C.  $x_1$  kuchi yo'nalishida  $\Delta_{2p} = x_2$  kuchi yo'nalishida tashqi kuchlar ta'sirida hosil bo'lgan ko'chishi;

D. Sterjen uchi C ning  $X_1$  kuch yo'nalishidagi ko'chishi

14.  $\delta_{12}$  -ifoda qanday ma'noni anglatadi?

A.  $-x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_1 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;

B.  $x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_2 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;

C.  $x_1$  kuchi yo'nalishida  $\Delta_{2p} = x_2$  kuchi yo'nalishida tashqi kuchlar ta'sirida hosil bo'lgan ko'chishi;

D. Sterjen uchi C ning  $X_1$  kuch yo'nalishidagi ko'chishi

15.  $\Delta_{1p}$  -ifoda qanday ma'noni anglatadi?

A.  $-x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_1 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;

B.  $x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_2 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;

C.  $x_1$  kuchi yo'nalishida  $\Delta_{2p} = x_2$  kuchi yo'nalishida tashqi kuchlar ta'sirida hosil bo'lgan ko'chishi;

D. Sterjen uchi C ning  $X_1$  kuch yo'nalishidagi ko'chishi

#### 7-VARIANT

1.  $\Delta_{x_2}$ -ifoda qanday ma'noni anglatadi?

A.  $-x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_1 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;

B.  $x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_2 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;

C.  $x_1$  kuchi yo'nalishida  $\Delta_{2p} = x_2$  kuchi yo'nalishida tashqi kuchlar ta'sirida hosil bo'lgan ko'chishi;

D. Sterjen uchi C ning  $X_1$  kuch yo'nalishidagi ko'chishi

2.  $\overline{M}_1$ -ifoda qanday ma'noni anglatadi?

A.  $-x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_1 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;

B.  $x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_2 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;

C.  $x_1$  kuchi yo'nalishida  $\Delta_{2p} = x_2$  kuchi yo'nalishida tashqi kuchlar ta'sirida hosil bo'lgan ko'chishi;

D. Asosiy sistemaning istalgan kesimda birlik kuch  $x_1 = 1$  dan hosil bo'ladigan moment

3.  $\overline{M}_2$ -ifoda qanday ma'noni anglatadi?

A.  $-x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_1 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;

B.  $x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_2 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;

C.  $x_1$  kuchi yo'nalishida  $\Delta_{2p} = x_2$  kuchi yo'nalishida tashqi kuchlar ta'sirida hosil bo'lgan ko'chishi;

D. Asosiy sistemaning istalgan kesimda birlik kuch  $x_2 = 1$  dan hosil bo'ladigan moment

4. Statik aniqmas sistemalarni hisoblash tartibi

A. Statik aniqmaslik darajasi aniqlanadi, asosiy sistema tanlanadi, kanonik tenglama tuziladi, kanonik tenglama koeffisientlari aniqlanadi, noma'lumlar aniqlanadi so'ngra natijaviy epyuralar quriladi.

B. Statik aniqmaslik darajasi aniqlanadi, kanonik tenglama tuziladi, noma'lumlar aniqlanadi.

C. Asosiy sistema tanlanadi, kanonik tenglama tuziladi, kanonik tenglama koeffisientlari aniqlanadi.

D. Kanonik tenglama tuziladi, kanonik tenglama koeffisientlari aniqlanadi, noma'lumlar aniqlanadi so'ngra natijaviy epyuralar quriladi.

5. Statik aniqmaslik darajasi qaysi formula yordamida aniqlanadi?

A.  $III = n - 1$

B.  $C_A = 2III + C_T - 3D$

C.  $W = 2T - C - C_T$

D.  $U = 2T - C - 3$

6. Yopiq konturli ramalarning statik aniqmaslik darajasi qaysi formula yordamida aniqlanadi?

A.  $III = n - 1$

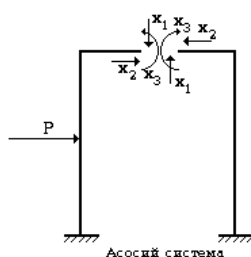
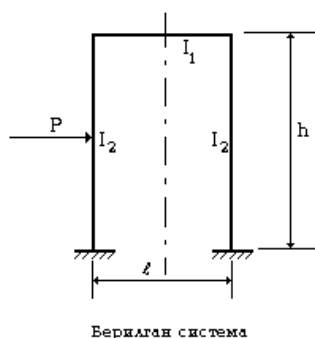
B.  $C_A = 2III + C_T - 3D$

C.  $W = 2T - C - C_T$

D.  $C_A = 3K - C$

7. Statik aniqmas sistemalarda ko'ngdalang kuch epyurasi qaysi formula yordamida chiziladi?

12. Quyidagi ramani kuchlar usulida hisoblashda qanday soddalashtirish usulidan foydalanish tavsiya etilmoqda?



- A. Noma'lumlarni guruxlash usuli  
 B. Nosimmetrik yuklarni va teskari simmetrik yuklarga ajratish  
 C. Sistemani simmetrikligidan foydalanish.  
 D. Uch moment tenglamasi
13. Statik noaniq sistemalar qanday xossalarga ega?  
 A. Bunday sistemalar o'ziga xos statik aniq sistemalarga nisbatan tejamkor bo'ladi  
 B. Bunday sistemalarda biror ortiqcha bog'lanishning shikastlanishi inshootning butunlay ishdan chiqishiga olib kelmaydi.  
 C. Bunday sistemalar statik aniq sistemalarga nisbatan bikrligi yuqoriroq bo'ladi  
 D. Barcha javoblar to'g'ri
14. Statik aniqmas sistemalarda asosiy sistemalarni hosil qilishning necha xil yo'li bor?  
 A. 2 xil  
 B. 5 xil  
 C. 3 xil  
 D. 4 xil
15.  $\delta_{11}$  -ifoda qanday ma'noni anglatadi?  
 A.  $-x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_1 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;  
 B.  $x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_2 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;  
 C.  $x_1$  kuchi yo'nalishida  $\Delta_{2p} = x_2$  kuchi yo'nalishida tashqi kuchlar ta'sirida hosil bo'lgan ko'chishi;  
 D. Sterjen uchi C ning  $X_1$  kuch yo'nalishidagi ko'chishi

#### 8-VARIANT

1. Ikki sharnirli arka ikki uchi sharnirlar vositasida tayanchlarga birlashtirilganligi sababli necha marta statik aniqmas?  
 A. Uch marta  
 B. Ikki marta  
 C. Bir marta  
 D. To'rt marta
2. Statik aniqmas arkalar qaysi usulda hisoblanadi?  
 A. Kuchlar usulida  
 B. Uch moment usulida  
 C. Ko'chishlar usulida  
 D. Hamma javob to'g'ri
3. Qanday sistema ko'chishlar usulining asosiy sistemasi deyiladi?  
 A. Berilgan sistemadan hamma ortiqcha bog'lanishlarni olib tashlagandan keyin hosil bo'lgan statik aniq va geometrik o'zgarmas sistemaga.  
 B. Berilgan ramaga uning tugunlarining burchakli va chiziqli ko'chishlariga qarshiilik ko'rsatuvchi bog'lovchilar kiritish yuli bilan hosil qilingan sistemaga.

- C. Berilgan sistemadan hamma ortiqcha boglanishlarni olib tashlagandan keyin hosil bo'lgan statik aniq va geometrik o'zgaruvchan sistemaga.
- D. Berilgan ramaga uning tugunlarining faqat burchakli ko'chishlariga qarshiilik ko'rsatuvchi bog'lovchilar kiritish yo'li bilan hosil qilingan sistemaga.
4. Bir sharnirli arkaning ixtiyoriy kesimidagi eguvchi moment qaysi formula orqali aniqlanadi?
- A.  $M_K = M_K^0 - X_I(C - y_K) + X_2 + X_3 x_K$
- B.  $M_K = M_K^0 - X_I \cdot y_K + X_2 \cdot x_K$
- C.  $Q_K = Q_K^0 - X_I \cdot \sin \alpha_K + X_3 \cdot \cos \alpha_K$
- D.  $Q_K = Q_K^0 - X_I \cdot \sin \alpha_K + X_I \cdot \cos \alpha_K$
5. Bir sharnirli arkaning ixtiyoriy kesimidagi ko'ngdalang kuch qiymati qaysi formula orqali aniqlanadi?
- A.  $M_K = M_K^0 - X_I(C - y_K) + X_2 + X_3 x_K$
- B.  $M_K = M_K^0 - X_I \cdot y_K + X_2 \cdot x_K$
- C.  $Q_K = Q_K^0 - X_I \cdot \sin \alpha_K + X_3 \cdot \cos \alpha_K$
- D.  $Q_K = Q_K^0 - X_I \cdot \sin \alpha_K + X_I \cdot \cos \alpha_K$
6. Statik aniqmas fermalarning kanonik tenglamalaridagi quyidagi  $N_i$  ifoda qanday ma'noni anglatadi?
- A. Ferma sterjenlaridagi  $X_i = 1$  birlik kuch ta'sirida bo'ladigan zo'rqiqlar
- B. Ferma sterjenlaridagi  $X_k = 1$  birlik kuch ta'sirida bo'ladigan zo'rqiqlar
- C. Tashqi kuchlar ta'sirida asosiy sistemada hosil bo'ladigan zo'rqiqlar
- D. Ferma sterjenlarining uzunligi
7. Ko'chishlar usulida noma'lumlar soni qaysi ifoda bilan aniqlanadi?
- A.  $n = n_\varphi + n_\delta$
- B.  $n = 3I - 2III - C_m$
- C.  $m = 2t - 3$
- D.  $n = 3K - III$
8. Quyidagi ifodalardan qaysi biri birlik reaksiyalarining o'zaro bog'lanish teoremasini ifodalaydi? kuchlar ta'sirida asosiy sistemada hosil bo'ladigan zo'rqiqlar
- D. Ferma A.  $\delta_{12} = \delta_{21}$
- B.  $\Delta_{ij} = \Delta_{ji}$
- C.  $A_{12} = A_{21}$
- D.  $r_{ij} = r_{ji}$
9. Statik aniqmas fermalarning kanonik tenglamalaridagi quyidagi  $N_k$  ifoda qanday ma'noni anglatadi?
- A. Ferma sterjenlaridagi  $X_i = 1$  birlik kuch ta'sirida bo'ladigan zo'rqiqlar
- B. Ferma sterjenlaridagi  $X_k = 1$  birlik kuch ta'sirida bo'ladigan zo'rqiqlar
- C. Tashqi sterjenlarining uzunligi
10. Statik aniqmas fermalarning kanonik tenglamalaridagi quyidagi  $N_p$  ifoda qanday ma'noni anglatadi?
- A. Ferma sterjenlaridagi  $X_i = 1$  birlik kuch ta'sirida bo'ladigan zo'rqiqlar
- B. Ferma sterjenlaridagi  $X_k = 1$  birlik kuch ta'sirida bo'ladigan zo'rqiqlar
- C. Tashqi kuchlar ta'sirida asosiy sistemada hosil bo'ladigan zo'rqiqlar
- D. Ferma sterjenlarining uzunligi
11. Qanday arkalarni statik aniqmas arkalar deyiladi?
- A. Ikki sharnirli arka, uch sharnirli, sharnirsiz
- B. Uch sharnirli arka, Ikki sharnirli

- C. Sharnirsiz arkalar, ikki sharnirli arka va bir sharnirli arka  
 D. Uch sharnirli torkili arkalar, bir sharnirli arkalar
12. Statik aniqmas fermalarning kanonik tenglamalaridagi quyidagi  $S$  ifoda qanday ma'noni anglatadi?  
 A. Ferma sterjenlaridagi  $X_i = 1$  birlik kuch ta'sirida bo'ladigan zo'rqiqlar  
 B. Ferma sterjenlaridagi  $X_k = 1$  birlik kuch ta'sirida bo'ladigan zo'rqiqlar  
 C. Tashqi kuchlar ta'sirida asosiy sistemada hosil bo'ladigan zo'riqiqlar  
 D. Ferma sterjenlarining uzunligi
13. Asosiy sistema qanday bo'ladi?  
 A. Statik aniq  
 B. Geometrik o'zgarimas  
 C. Geometrik o'zgaruvchan va statik aniq  
 D. Statik aniq va geometrik o'zgarimas
14. Kanonik tenglamalarning koeffitsientlari va ozod hadlari necha guruhga bo'linadi  
 A. 2 guruh  
 B. 3 guruh  
 C. 5 guruh  
 D. 8 guruh
15.  $\delta_{12}$  -ifoda qanday ma'noni anglatadi?  
 A.  $-x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_1 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;  
 B.  $x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_2 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;  
 C.  $x_1$  kuchi yo'nalishida  $\Delta_{2p} = x_2$  kuchi yo'nalishida tashqi kuchlar ta'sirida hosil bo'lgan ko'chishi;  
 D. Sterjen uchi C ning  $X_1$  kuch yo'nalishidagi ko'chishi

#### 9-VARIANT

1. Bir sharnirli arka necha marta statik aniqmas?  
 A. Uch marta  
 B. Ikki marta  
 C. Bir marta  
 D. To'rt marta
2. Qanday arkalarni statik aniqmas arkalar deyiladi?  
 A. Ikki sharnirli arka, uch sharnirli, sharnirsiz  
 B. Uch sharnirli arka, Ikki sharnirli  
 C. Sharnirsiz arkalar, ikki sharnirli arka va bir sharnirli arka  
 D. Uch sharnirli torkili arkalar, bir sharnirli arkalar
2. Statik aniqmas fermalarning kanonik tenglamalaridagi quyidagi  $E$  ifoda qanday ma'noni anglatadi?  
 A. Ferma sterjenlaridagi  $X_i = 1$  birlik kuch ta'sirida bo'ladigan zo'rqiqlar  
 B. Ferma sterjenlaridagi  $X_k = 1$  birlik kuch ta'sirida bo'ladigan zo'rqiqlar  
 C. Tashqi kuchlar ta'sirida asosiy sistemada hosil bo'ladigan zo'riqiqlar  
 D. Ferma materialining elastiklik moduli
3. Ko'chishlar usulida noma'lumlar sifatida qanday kattaliklar qabul qilinadi?  
 A. Ortiqcha bog'lanishlardagi zo'riqiqlar kuchlari.  
 B. Ortiqcha bog'lanishlardagi bo'ylama kuchlar.  
 C. Rama tugunlarining burchakli va chiziqli ko'chishlari.  
 E. Rama tugunlarida hosil bo'ladigan zo'riqiqlar kuchlari.
4. Ko'chishlar usuli kanonik tenglamalarining ma'nosi nimadan iborat?  
 A. Ortiqcha bog'lanishlardagi zo'rqiqlarning nolga tengligini ifodalaydi.  
 B. Noma'lum zurikish kuchlarining nolga tengligini anglatadi.  
 C. Qo'shimcha kiritilgan bog'lanishlardagi zo'riqiqlar kuchlarining nolga tengligini ifodalaydi

D. Qo'shimcha kiritilgan bog'lanishlarda burchakli va chiziqli ko'chishlarining nolga tengligini ifodalaydi.

5. Sharnirsiz arkaning ixtiyoriy kesimidagi ko'ngdalang kuch qiymati qaysi formula orqali aniqlanadi?

A.  $M_K = M_K^0 - X_I(C - y_K) + X_2 + X_3 x_K$

B.  $M_K = M_K^0 - X_I \cdot y_K + X_2 \cdot x_K$

C.  $Q_K = Q_K^0 - X_I \cdot \sin \alpha_K + X_3 \cdot \cos \alpha_K$

D.  $Q_K = Q_K^0 - X_I \cdot \sin \alpha_K + X_I \cdot \cos \alpha_K$

6. Sharnirsiz arkaning ixtiyoriy kesimidagi bo'ylama kuch qiymati qaysi formula orqali aniqlanadi?

A.  $M_K = M_K^0 - X_I(C - y_K) + X_2 + X_3 x_K$

B.  $M_K = M_K^0 - X_I \cdot y_K + X_2 \cdot x_K$

C.  $Q_K = Q_K^0 - X_I \cdot \sin \alpha_K + X_3 \cdot \cos \alpha_K$

D.  $N_K = -(N_K^0 + X_I \cdot \cos \alpha_K + X_3 \cdot \sin \alpha_K)$

7.  $\delta_{11}$  -ifoda qanday ma'noni anglatadi?

A.  $-x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_1 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;

B.  $x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_2 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;

C.  $x_1$  kuchi yo'nalishida  $\Delta_{2p} = x_2$  kuchi yo'nalishida tashqi kuchlar ta'sirida hosil bo'lgan ko'chishi;

D. Sterjen uchi C ning  $X_1$  kuch yo'nalishidagi ko'chishi

8.  $\delta_{12}$  -ifoda qanday ma'noni anglatadi?

A.  $-x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_1 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;

B.  $x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_2 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;

C.  $x_1$  kuchi yo'nalishida  $\Delta_{2p} = x_2$  kuchi yo'nalishida tashqi kuchlar ta'sirida hosil bo'lgan ko'chishi;

D. Sterjen uchi C ning  $X_1$  kuch yo'nalishidagi ko'chishi

9. Statik aniqmas fermalarning kanonik tenglamalaridagi quyidagi  $N_k$  ifoda qanday ma'noni anglatadi?

A. Ferma sterjenlaridagi  $X_i = 1$  birlik kuch ta'sirida bo'ladigan zo'rqiqlar

B. Ferma sterjenlaridagi  $X_k = 1$  birlik kuch ta'sirida bo'ladigan zo'rqiqlar

C. Tashqi kuchlar ta'sirida asosiy sistemada hosil bo'ladigan zo'rqiqlar

D. Ferma sterjenlarining uzunligi

10. Statik aniqmas fermalarning kanonik tenglamalaridagi quyidagi  $N_p$  ifoda qanday ma'noni anglatadi?

A. Ferma sterjenlaridagi  $X_i = 1$  birlik kuch ta'sirida bo'ladigan zo'rqiqlar

B. Ferma sterjenlaridagi  $X_k = 1$  birlik kuch ta'sirida bo'ladigan zo'rqiqlar

C. Tashqi kuchlar ta'sirida asosiy sistemada hosil bo'ladigan zo'rqiqlar

D. Ferma sterjenlarining uzunligi

11. Tutash balkalarni o'ng moment fokuslari qaysi formula yordamida aniqlanadi?

A.  $K_1 = -\frac{M_1}{M_0} = -\frac{M_1}{0} = \infty$



$$B. K_n^1 = \left[ 2 + \frac{l_{n+1}}{l_n} \left( 2 - \frac{1}{K_{n+1}^1} \right) \right]$$

$$C. K_n = \left[ 2 + \frac{l_{n-1}}{l_n} \left( 2 - \frac{1}{K_{n-1}} \right) \right]$$

$$D. K_2 = \left[ 2 + \frac{l_2}{l_3} \left( 2 - \frac{1}{K_1} \right) \right]$$

12. Tutash balkaning bir uchi qistirib mahkamlangan bo'lsa, u holda birinchi oraliq uchun chap fokuslar nisbati qaysi bandda ko'rsatilgan?

$$A. K_1 = 2$$

$$B. K_n^1 = \left[ 2 + \frac{l_{n+1}}{l_n} \left( 2 - \frac{1}{K_{n+1}^1} \right) \right]$$

$$C. K_n = \left[ 2 + \frac{l_{n-1}}{l_n} \left( 2 - \frac{1}{K_{n-1}} \right) \right]$$

$$D. K_2 = \left[ 2 + \frac{l_2}{l_3} \left( 2 - \frac{1}{K_1} \right) \right]$$

13. Statik aniqmas fermalarning kanonik tenglamalaridagi  $S$  ifoda qanday ma'noni anglatadi?

A. Ferma sterjenlaridagi  $X_i = 1$  birlik kuch ta'sirida bo'ladigan zo'riqishlar

B. Ferma sterjenlaridagi  $X_k = 1$  birlik kuch ta'sirida bo'ladigan zo'riqishlar

C. Tashqi kuchlar ta'sirida asosiy sistemada hosil bo'ladigan zo'riqishlar

D. Ferma sterjenlarining uzunligi

14. Tutash balkalarni statik aniqmaslik darajasi aniqlash qaysi bandda to'la ko'rsatilgan?

$$A. C_A = 2III + C_T - 3D, C_A = n - 1, C_A = C_T - 3$$

$$B. C_A = 2III + C_T - 3D$$

$$C. W = 2T - C - C_T$$

$$D. U = 2T - C - 3$$

15. Asosiy sistema qanday bo'ladi?

A. Statik aniq

B. Geometrik o'zgarmas

C. Geometrik o'zgaruvchan va statik aniq

D. Statik aniq va geometrik o'zgarmas

#### 10-VARIANT

1. Tutash balkalarni statik aniqmaslik darajasi aniqlash qaysi bandda to'la ko'rsatilgan?

$$A. C_A = 2III + C_T - 3D, C_A = n - 1, C_A = C_T - 3$$

$$B. C_A = 2III + C_T - 3D$$

$$C. W = 2T - C - C_T$$

$$D. U = 2T - C - 3$$

2. Tutash balkaning birinchi tayanchi sharnirli bo'lsa, u holda birinchi oraliq uchun chap fokuslar nisbati qaysi bandda ko'rsatilgan?

$$A. K_1 = -\frac{M_1}{M_0} = -\frac{M_1}{0} = \infty$$

$$B. K_n^1 = \left[ 2 + \frac{l_{n+1}}{l_n} \left( 2 - \frac{1}{K_{n+1}^1} \right) \right]$$

$$C. K_n = \left[ 2 + \frac{l_{n-1}}{l_n} \left( 2 - \frac{1}{K_{n-1}} \right) \right]$$

$$D. K_2 = \left[ 2 + \frac{l_2}{l_3} \left( 2 - \frac{1}{K_1} \right) \right]$$

3. Statik aniqmas fermalarning kanonik tenglamalaridagi quyidagi  $N_i$  ifoda qanday ma'noni anglatadi?

- A. Ferma sterjenlaridagi  $X_i = 1$  birlik kuch ta'sirida bo'ladigan zo'riqishlar
- B. Ferma sterjenlaridagi  $X_k = 1$  birlik kuch ta'sirida bo'ladigan zo'riqishlar
- C. Tashqi kuchlar ta'sirida asosiy sistemada hosil bo'ladigan zo'riqishlar
- D. Ferma sterjenlarining uzunligi

4. Statik aniqmas fermalarning kanonik tenglamalaridagi quyidagi  $N_k$  ifoda qanday ma'noni anglatadi?

- A. Ferma sterjenlaridagi  $X_i = 1$  birlik kuch ta'sirida bo'ladigan zo'riqishlar
- B. Ferma sterjenlaridagi  $X_k = 1$  birlik kuch ta'sirida bo'ladigan zo'riqishlar
- C. Tashqi kuchlar ta'sirida asosiy sistemada hosil bo'ladigan zo'riqishlar
- D. Ferma sterjenlarining uzunligi

5. Statik aniqmas fermalarning kanonik tenglamalaridagi quyidagi  $N_p$  ifoda qanday ma'noni anglatadi?

- A. Ferma sterjenlaridagi  $X_i = 1$  birlik kuch ta'sirida bo'ladigan zo'riqishlar
- B. Ferma sterjenlaridagi  $X_k = 1$  birlik kuch ta'sirida bo'ladigan zo'riqishlar
- C. Tashqi kuchlar ta'sirida asosiy sistemada hosil bo'ladigan zo'riqishlar
- D. Ferma sterjenlarining uzunligi

6. Tutash balkalarni chap moment fokuslari qaysi formula yordamida aniqlanadi?

$$A. K_1 = -\frac{M_1}{M_0} = -\frac{M_1}{0} = \infty$$

$$B. K_n^1 = \left[ 2 + \frac{l_{n+1}}{l_n} \left( 2 - \frac{1}{K_{n+1}^1} \right) \right]$$

$$C. K_n = \left[ 2 + \frac{l_{n-1}}{l_n} \left( 2 - \frac{1}{K_{n-1}} \right) \right]$$

$$D. K_2 = \left[ 2 + \frac{l_2}{l_3} \left( 2 - \frac{1}{K_1} \right) \right]$$

7. Tutash balkalarni o'ng moment fokuslari qaysi formula yordamida aniqlanadi?

$$A. K_1 = -\frac{M_1}{M_0} = -\frac{M_1}{0} = \infty$$

$$B. K_n^1 = \left[ 2 + \frac{l_{n+1}}{l_n} \left( 2 - \frac{1}{K_{n+1}^1} \right) \right]$$

$$C. K_n = \left[ 2 + \frac{l_{n-1}}{l_n} \left( 2 - \frac{1}{K_{n-1}} \right) \right]$$

$$D. K_2 = \left[ 2 + \frac{l_2}{l_3} \left( 2 - \frac{1}{K_1} \right) \right]$$

8. Tutash balkaning bir uchi qistirib mahkamlangan bo'lsa, u holda birinchi oraliq uchun chap fokuslar nisbati qaysi bandda ko'rsatilgan?

$$A. K_1 = 2$$

$$B. K_n^1 = \left[ 2 + \frac{l_{n+1}}{l_n} \left( 2 - \frac{1}{K_{n+1}^1} \right) \right]$$

$$C. K_n = \left[ 2 + \frac{l_{n-1}}{l_n} \left( 2 - \frac{1}{K_{n-1}} \right) \right]$$

$$D. K_2 = \left[ 2 + \frac{l_2}{l_3} \left( 2 - \frac{1}{K_1} \right) \right]$$

9. Uch moment tenglamasi orqali yakuniy eguvchi moment epyurasini qurish tenglamasini ko'rsating.

$$A. M_x = \overline{M}_1 X_1 + \overline{M}_2 X_2 + \dots + \overline{M}_n X_n + M_p$$

$$B. M_x = M_p^0 + M_{n-1} \frac{\ell_n - x}{\ell_n} + M_n \frac{x}{\ell_n}$$

$$C. M_{n-1} \ell_n + 2M_n (\ell_n + \ell_{n+1}) + M_{n+1} \ell_{n+1} = -6(B_n^c + A_{n+1}^c)$$

$$D. M_x = Q_p^0 + \frac{M_n - M_{n-1}}{\ell_n}$$

2. Sharnirsiz arka necha marta statik aniqmas?

A. Uch marta

B. Ikki marta

C. Bir marta

D. To'rt marta

10. Ko'chishlar usulida noma'lumlar soni qaysi ifoda bilan aniqlanadi?

$$A. n = n_\varphi + n_\delta$$

$$B. n = 3\mathcal{L} - 2III - C_m$$

$$C. m = 2t - 3$$

$$D. n = 3K - III$$

11. Quyidagi ifodalardan qaysi biri birlik reaksiyalarning o'zaro bog'lanish teoremasini ifodalaydi?

$$A. \delta_{12} = \delta_{21}$$

$$V. \Delta_{ij} = \Delta_{ji}$$

$$C. A_{12} = A_{21}$$

$$D. W_{12} = W_{21}$$

$$E. r_{ij} = r_{ji}$$

12. Sharnirsiz arkaning ixtiyoriy kesimidagi eguvchi moment qaysi formula orqali aniqlanadi?

$$A. M_K = M_K^0 - X_1(C - y_K) + X_2 + X_3 x_K$$

$$B. M_K = M_K^0 - X_1 \cdot y_K + X_2 \cdot x_K$$

$$C. Q_K = Q_K^0 - X_1 \cdot \sin \alpha_K + X_3 \cdot \cos \alpha_K$$

$$D. Q_K = Q_K^0 - X_1 \cdot \sin \alpha_K + X_1 \cdot \cos \alpha_K$$

13. Sharnirsiz arkaning ixtiyoriy kesimidagi ko'ngdalang kuch qiymati qaysi formula orqali aniqlanadi?

$$A. M_K = M_K^0 - X_1(C - y_K) + X_2 + X_3 x_K$$

$$B. M_K = M_K^0 - X_1 \cdot y_K + X_2 \cdot x_K$$

$$C. Q_K = Q_K^0 - X_1 \cdot \sin \alpha_K + X_3 \cdot \cos \alpha_K$$

$$D. Q_K = Q_K^0 - X_1 \cdot \sin \alpha_K + X_1 \cdot \cos \alpha_K$$

14. Statik aniqmas fermalar tuzilishiga ko'ra qanday turlanadi?

A. Ichki va tashki statik aniqmas fermalar

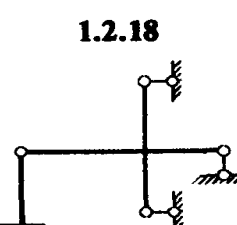
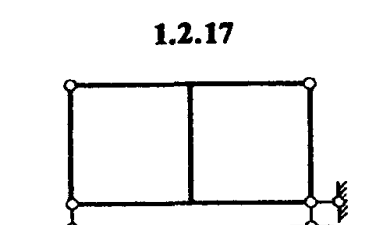
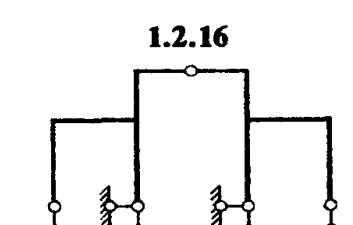
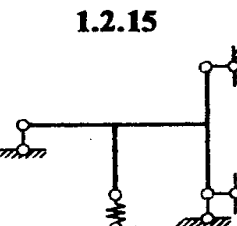
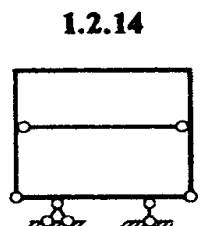
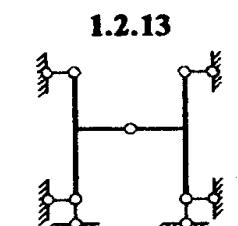
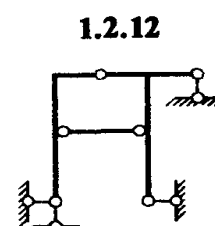
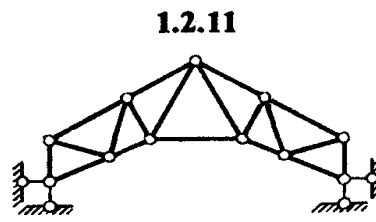
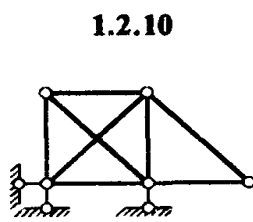
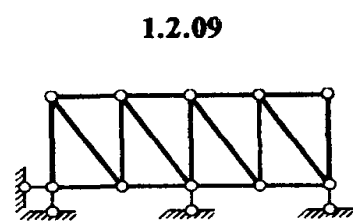
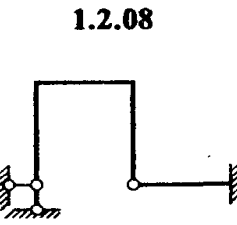
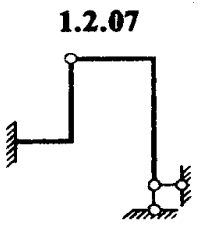
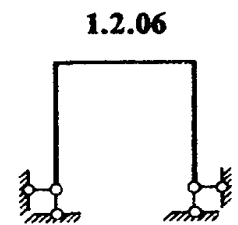
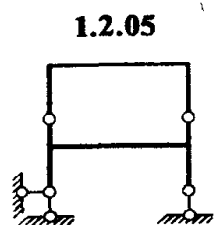
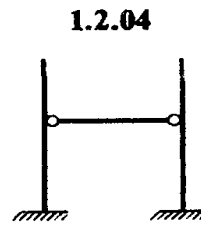
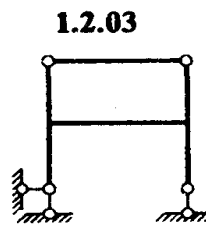
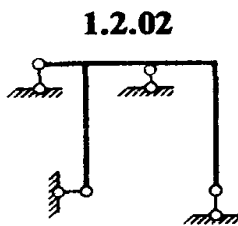
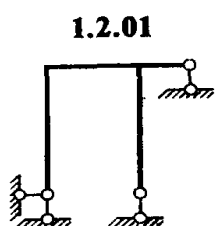
- B. Ikki va uch marta statik aniqmas fermalar
- C. Faqat bir marta statik aniqmas fermalar
- D. Tashqi va ikki marta statik aniqmas fermalar

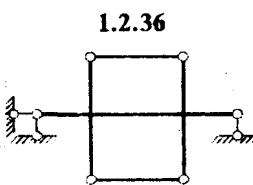
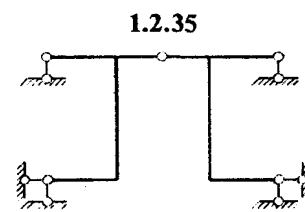
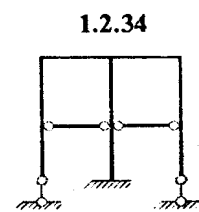
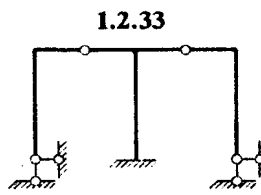
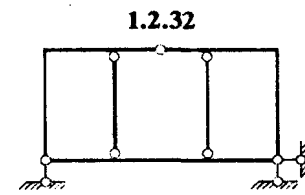
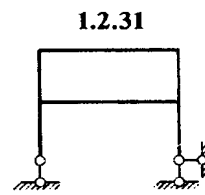
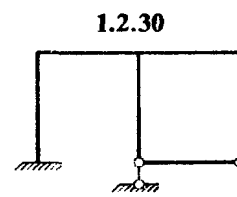
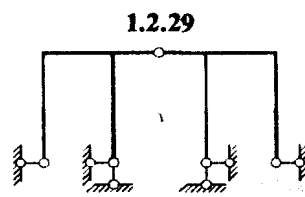
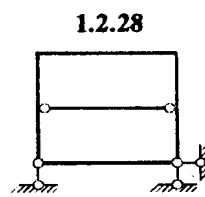
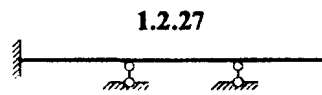
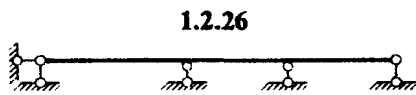
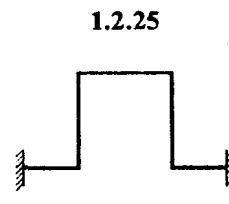
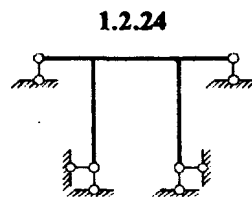
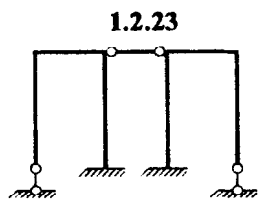
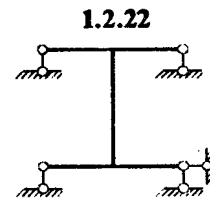
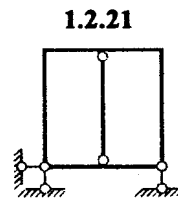
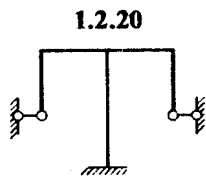
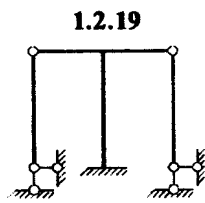
15.  $\Delta_{x1}$  -ifoda qanday ma'noni anglatadi?

- A.  $-x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_1 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;
- B.  $x_1$  kuchi qo'yilgan nuqtaning shu kuch yo'nalishida  $x_2 = 1$  kuchi ta'sirida hosil bo'ladigan ko'chishi;
- C.  $x_1$  kuchi yo'nalishida  $\Delta_{2p} = x_2$  kuchi yo'nalishida tashqi kuchlar ta'sirida hosil bo'lgan ko'chishi;
- D. Sterjen uchi C ning  $X_1$  kuch yo'nalishidagi ko'chishi

### Tarqatma materiallar

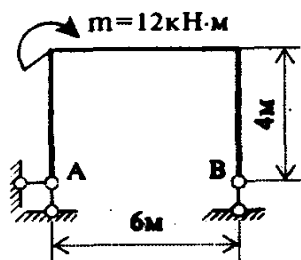
1.2.01 ... 1.2.36- masalalar. Ortiqcha bog'lanishlar soni  $L$  aniqlansin va ularni olib tashlash yo'li bilan statik aniq sistemalar tuzilsin.



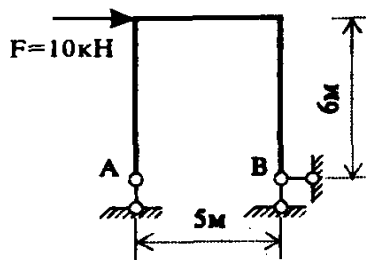


2.1.01...2.1.54 -masalalar. Tayanch reaksiyalari va tortqichlardagi zo'riqishlar  $N_i$  to'lsin.

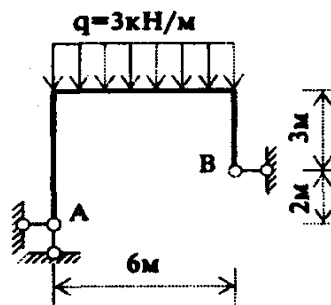
2.1.01



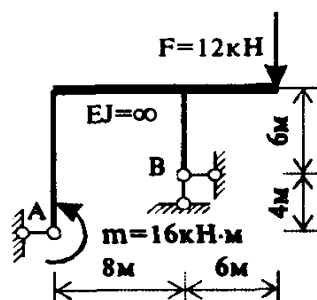
2.1.02



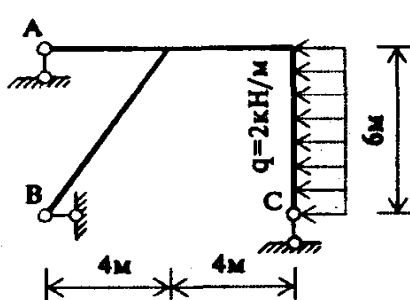
2.1.03



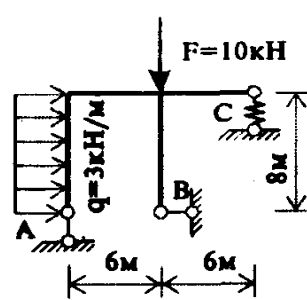
2.1.04



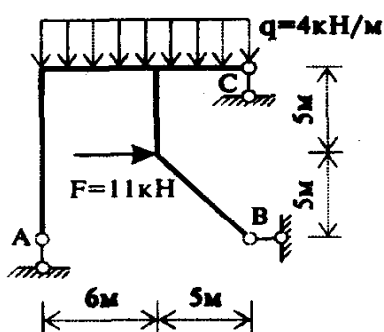
2.1.05



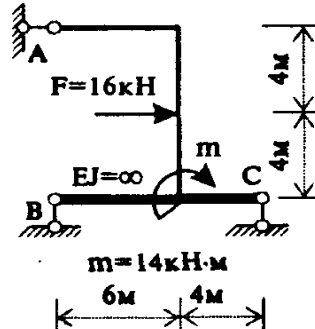
2.1.06



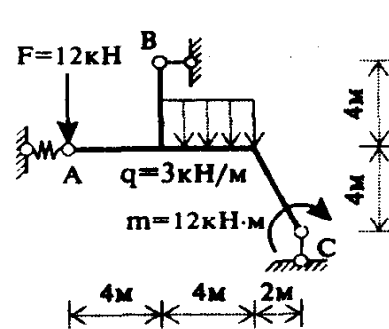
2.1.07



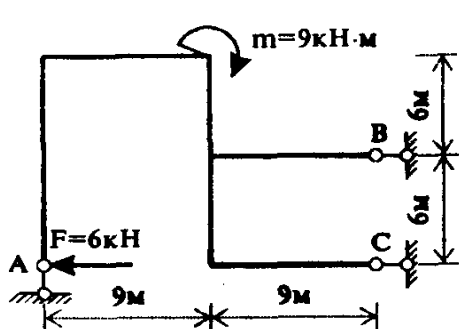
2.1.08



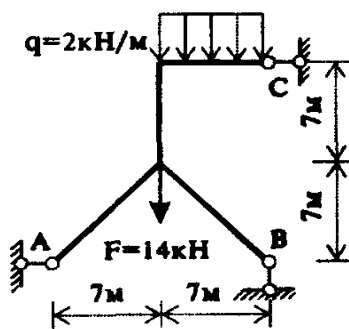
2.1.09



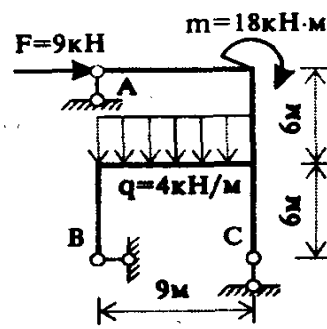
2.1.10



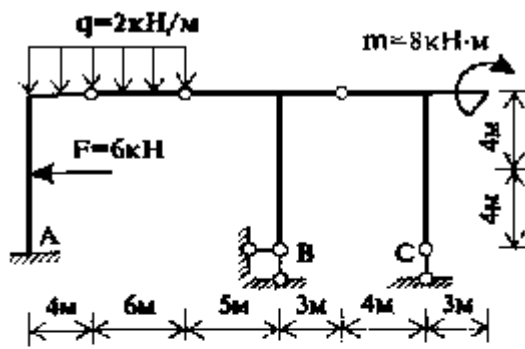
2.1.11



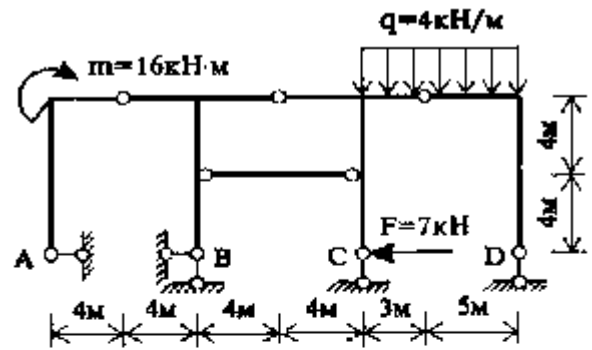
2.1.12



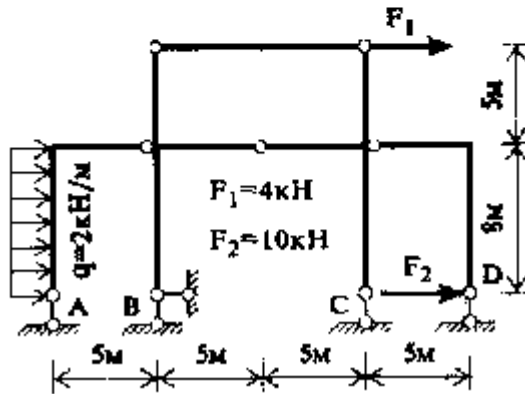
2.1.47



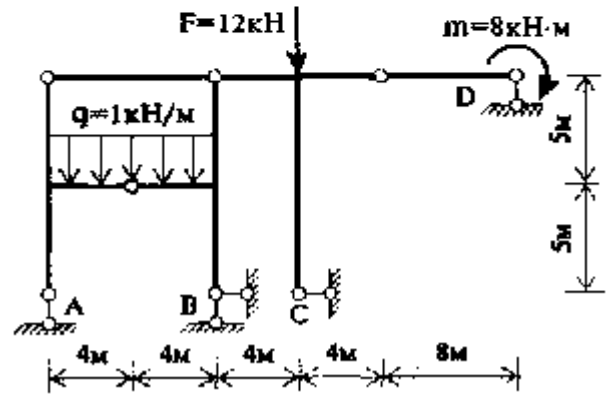
2.1.48



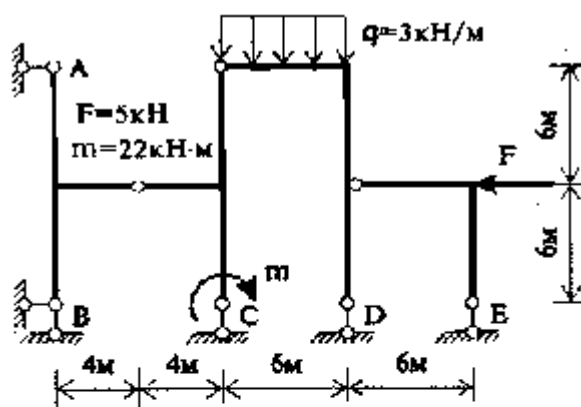
2.1.49



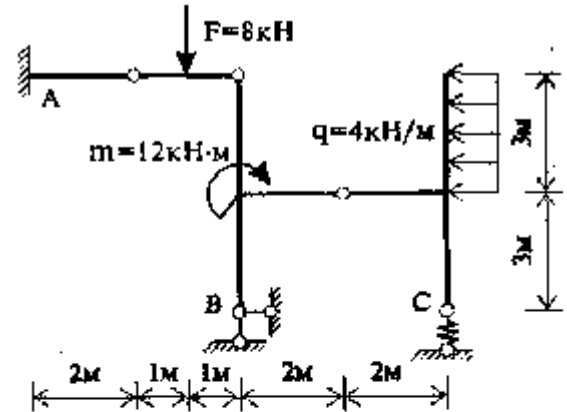
2.1.50



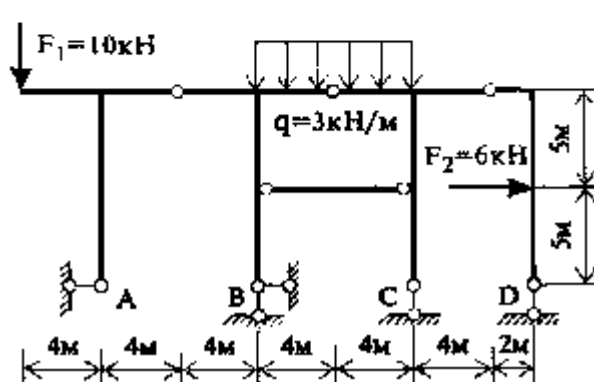
2.1.51



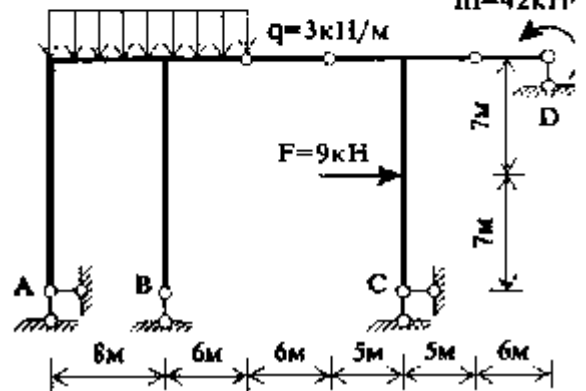
2.1.52



2.1.53

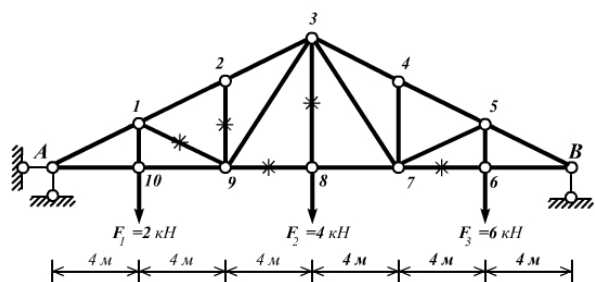


2.1.54

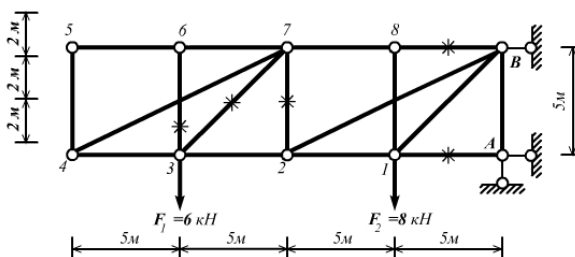


**2.4.01 ... 2.4.26-masalalar.** Ferma va qo'shilgan (qurama) sistemalarning belgilangan elementlaridagi bo'yлама zo'riqlashlar  $N$  aniqlansin.

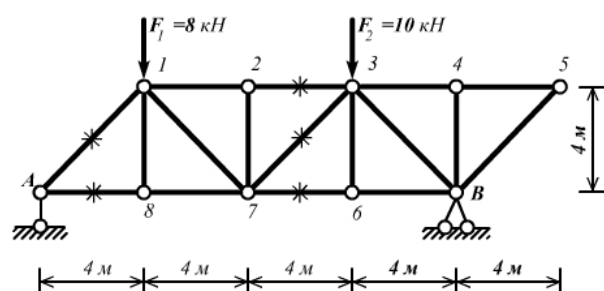
**2.4.01**



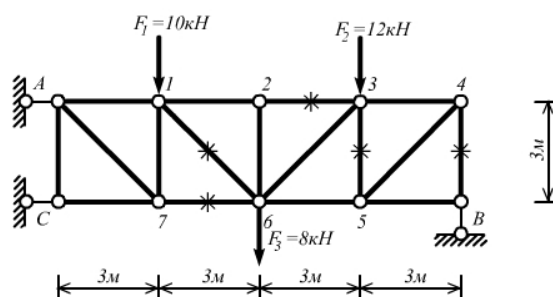
**2.4.02**



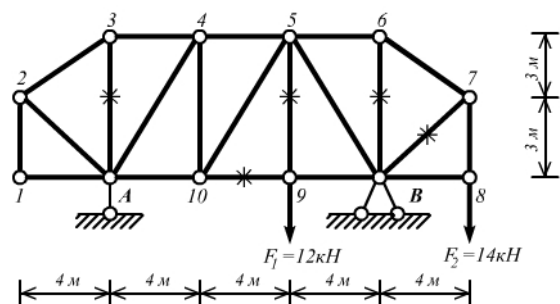
**2.4.03**



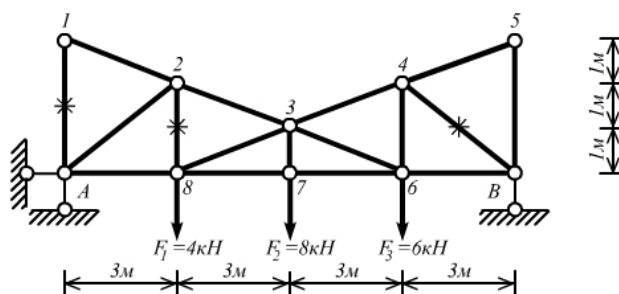
**2.4.04**



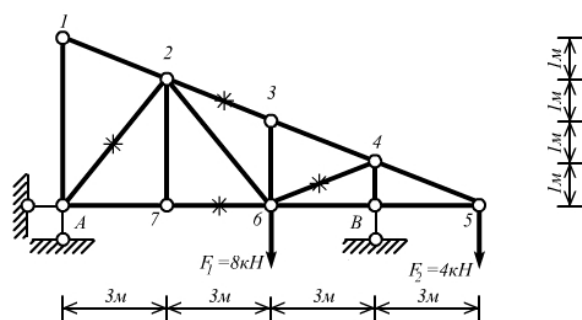
**2.4.05**



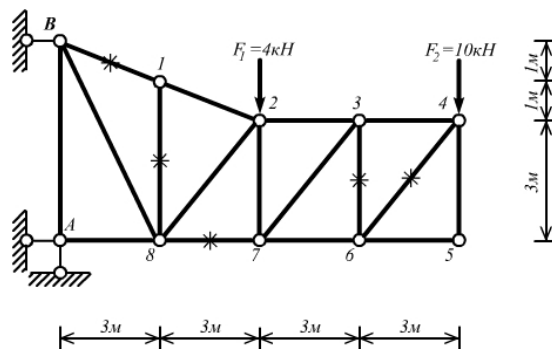
**2.4.06**



**2.4.07**



**2.4.08**





## ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Darkov V.A., Sha'oshnikov N.N. Qurilish mexanikasi. - M: Oliy maktab, 1986. – 607 b.
2. Kiselev V.A. Qurilish mexanikasi. -M.: Stroyizdat, 1986. – 520 b.
3. Krotkova L.V. Qurilish mexanikasidan amaliy mashg'ulot uchun o'quv qo'llanmasi. -M.: ASV, 1994, - 178 b.
4. Kuzg'min N.A., Rekach V.G., Rozenblat G.N. Qurilish mexanikasi kursidan masalalar to'plami (I.M.Rabinovich tahriri ostida). -M.: Stroyizdat, 1962. – 332 b.
5. Leont'ev N.N., Sabolev D.N. Amosov A.A. Sterjenli sistemalar qurilish mexanikasining asoslari. -M.: ASV, 1996, -541 b.
6. Rabinovich I.M. Sterjenli sistemalar qurilish mexanikasi asoslari. -M.: Stroyizdat, 1960. – 519 b.
7. Qurilish mexanikasi kursidan amaliy mashg'ulot darslariga qo'llanma (G.K.Kleyn tahriri ostida). - M.: Oliy maktab, 1980. – 384 b.
8. Sargsyan A.E., Dvoryanchikov N.V., Djinchvelashvili G.A. Qurilish mexanikasi. Hisoblash misollari bilan nazariy asoslar (A.E.Sargsyan tahriri ostida). -M.: ASV, 1998. – 320 b.
9. Sinitsin S.B., Vanyushenkov M.G. Qurilish mexanikasi masalalarini yechishda MKE va matritsa usullari. -M.: MISI, 1984. – 125 b.
10. Qurilish mexanikasidan misol va masalalar (V.A.Kiselov tahriri ostida). -M.: Stroyizdat, 1968 – 387b.
11. Qurilish mexanikasi: Amaliy mashg'ulot darslariga qo'llanma (Yu.I.Butenko tahriri ostida). -Kiev: Oliy maktab, 1989. – 367 b.

### Internet saytlar:

1. [WWW.uzsci.net](http://WWW.uzsci.net)
2. [WWW.ziyonet.uz](http://WWW.ziyonet.uz)
3. [WWW.mysopromat.uz](http://WWW.mysopromat.uz)