

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIV VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

**NAMANGAN MUHANDISLIK-QURILISH INSTITUTI**

**“MATERIALLAR QARSHILIGI VA MEXANIKA” KAFEDRASI**

**“Qurilish mexanikasi”**

**fanidan**

**MA'RUZA MATNI**

**Namangan – 2020**

Mazkur o'quv-uslubiy majmua Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi **28.06.2017 yildagi №1-sonli** buyrug'i bilan tasdiqlangan **№БД-5340200-sonli** buyrug'i bilan tasdiqlangan o'quv reja va dastur asosida tayyorlandi.

Tuzuvchilar: NamMQI dotsenti J.A.Daminov  
NamMQI dotsenti A.F.Xakimov  
NamMQI katta o'qituvchisi A.M.Raximov  
NamMQI o'qituvchisi M.U.Karabayeva

Taqrizchi: S.M. Saidov - «Materiallar qarshiligi va mexanika» kafedrası dotsenti, t.f.n. NamMQI

Ma'ruza matni NamMQI kengashining 2020 yil \_\_\_\_\_dagi \_\_\_\_-sonli qarori bilan tasdiqqa tavsiya qilingan.

## MUNDARIJA

№	Tarkib mazmuni	bet
I.	<b>Ma'ruza materiallari</b>	
1	<b>1-ma'ruza.</b> Qurilish mexanikasi fanining mohiyati va usullari. Qurilish mexanikasi fanining qisqacha rivojlanish tarixi va boshqa fanlar bilan uzviy bog'liqligi. Inshootlar va ularning hisoblash sxemalari. Tayanchlar va ularning turlari. Tashqi yuklar va ularning inshootga ta'siri. Inshootlar hisoblash sxemalarining kinematik analizi. Inshootlar geometrik strukturasi analizi.	
2	<b>2-ma'ruza.</b> Harakatlanuvchi yuklar va ta'sir chiziqlari haqida tushuncha. Tayanch reaksiyalarning ta'sir chizig'i.	
3	<b>3-ma'ruza.</b> Oddiy va konsol balkalarning biror kesimi uchun ichki zo'riqishlarning ta'sir chizigini chizish.	
4	<b>4-ma'ruza.</b> Tugunlar orqali yuk uzatilganda ta'sir chiziqlarni chizish. Ta'sir chiziqlari yordamida zo'riqishlarni aniqlash.	
5	<b>5-ma'ruza.</b> Ko'p oraliqli statik aniq balkalar uchun qavatlararo sxemalarini chizish. Ko'p oraliqli balkalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash	
6	<b>6-ma'ruza.</b> Ko'p oraliqli balkalarni ta'sir chiziqlari orqali hisoblash. Harakatlanuvchi yuklarning noqulay vaziyatini aniqlash	
7	<b>7-ma'ruza.</b> Fermalar haqida umumiy tushuncha. Fermalarning turlari. Statik aniq fermalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash	
8	<b>8-ma'ruza.</b> Ferma sterjenlarining zo'riqish kuchlarini aniqlash. Ferma sterjenlari uchun ta'sir chiziqlarini chizish. Ta'sir chiziqlari orqali sterjenlardagi zo'riqish kuchlarini aniqlash.	
9	<b>9-ma'ruza.</b> Shprengelli fermalarni hisoblash.	
10	<b>10-ma'ruza.</b> Shprengelli fermalarni sterjenlaridagi zo'riqishlar ta'sir chiziqlarini qurish.	
11	<b>11-ma'ruza.</b> Umumiy tushunchalar. Uch sharnirli sistemalarda analitik usulda eguvchi moment, ko'ndalang va bo'ylama kuchlarni aniqlash. Uch sharnirli arkalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash.	
12	<b>12-ma'ruza.</b> Uch sharnirli arkalarni ichki zo'riqishlar kuchlarining ta'sir chiziqlarini chizish. Ta'sir chiziqlari orqali uch sharnirli sistemalarni hisoblash.	
13	<b>13-ma'ruza.</b> Uch sharnirli sistemalarda normal kuchlanishlarni yadro momentlari orqali aniqlash. Uch sharnirli ramalarni hisoblash.	
14	<b>14-ma'ruza.</b> Uch sharnirli arkasimon fermalarni hisoblash.	
15	<b>15-ma'ruza.</b> Ko'chishlar haqida tushuncha, ko'chishlar va ularni belgilash. Tashqi kuchlarning bajargan ishi, ichki ko'chlarning bajargan ishi.	
16	<b>16-ma'ruza.</b> Tashqi kuchlarning bajara oladigan ishi. Ishlar va ko'chishlarning o'zaro bog'lanish teoremasi. Elastik sistemalarda deformatsiyaning potensial energiyasi.	
17	<b>17-ma'ruza.</b> Ko'chishlarning universal formulasi (Mor formulasi).	
18	<b>18-ma'ruza.</b> Ko'chishlarni Vereshchagin usuli orqali aniqlash.	
19	<b>19-ma'ruza.</b> Statik noaniq sistemalar va ularning xususiyatlari. Kuch usulining mohiyati.	

20	<b>20-ma'ruza.</b> Ramalarni kuch usulida hisoblash. Statik noaniq sistemalarni erkinlik darajasi. Kuch usulining asosiy sistemasi. Kuch usulining kanonik tenglamalari.
21	<b>21-ma'ruza.</b> Birlik va tashqi yuklardan epyuralarni chizish. Kanonik tenglama koeffisientlari va ozod hadlarini aniqlash. Tenglamalar sistemasini yechish va noma'lumlarni aniqlash. Tuzatilgan birlik epyuralarini chizish.
22	<b>22-ma'ruza.</b> Yakuniy eguvchi moment epyurasini chizish. Ko'ndalang va bo'ylama kuchlar epyuralarini chizish. Epyuralarning to'g'riligini tekshirish.
23	<b>23-ma'ruza.</b> Simmetrik ramalarni hisoblash. Statik noaniq ramalarni tayanch cho'kishiga hisoblash. Statik aniqmas sistemalarni temperatura ta'siriga hisoblash.
24	<b>24-ma'ruza.</b> Umumiy tushunchalar. Qo'zg'almas yuklar ta'siridagi uzluksiz balkalarni hisoblash. Asosiy sxemani tanlash. Uch moment tenglamasi. Uzluksiz balkalardagi eguvchi moment, ko'ndalang kuch va tayanch reaksiyalarni aniqlash.
25	<b>25-ma'ruza.</b> Uzluksiz balkalarni moment fokuslari usuli bilan hisoblash. Chap va o'ng fokuslar nisbatlarini aniqlash.
26	<b>26-ma'ruza.</b> Uzluksiz balka yuklangan oraligining tayanch momentlarini aniqlash. Fokuslar nisbatlaridan foydalanib tayanch momentlarini aniqlash
27	<b>27-ma'ruza.</b> Ko'chishlar usulining mohiyati va noma'lumlari.
28	<b>28-ma'ruza.</b> Ko'chish usulining asosiy sistemasi. Ko'chishlar usulining kanonik tenglamalari.
29	<b>29-ma'ruza.</b> Rama sterjeni chekka kesimining deformatsiyalari bilan tayanch momentlari orasidagi bog'lanish. Kanonik tenglama koeffisientlari va ozod hadlarini aniqlash. Kanonik tenglamani yechish va noma'lumlarni aniqlash. Tuzatilgan birlik epyuralarini chizish.
30	<b>30-ma'ruza.</b> Eguvchi moment epyurasini chizish va tekshirish. Ko'ndalang va bo'ylama kuchlar epyuralarini chizish. Epyuralarni birgalikda tekshirish. Statik noaniq ramani aralash va kombinasiyalash usullarida hisoblash.
31	<b>31-ma'ruza.</b> Statik noaniq arkalarni hisoblash. Bir sharnirli statik aniqmas arka hisobi.
32	<b>32-ma'ruza.</b> Ikki sharnirli statik aniqmas arka hisobi.
33	<b>33-ma'ruza.</b> Statik aniqmas sharnirsiz arka hisobi.
34	<b>34-35-ma'ruza.</b> Statik noaniq fermalarni hisoblash.
35	<b>36-ma'ruza.</b> Qurilish mexanikasi masalalarini yechishda matrisalar nazariyasini tatbiq etish.

## I. MA'RUZA MATERIALLARI

### 1-ma'ruza.

**Mavzu:** Qurilish mexanikasi fanining mohiyati va usullari. Qurilish mexanikasi fanining qisqacha rivojlanish tarixi va boshqa fanlar bilan uzviy bog'liqligi. Inshootlar va ularning hisoblash sxemalari. Tayanchlar va ularning turlari. Tashqi yuklar va ularning inshootga ta'siri. Inshootlar hisoblash sxemalarining kinematik analizi. Inshootlar geometrik strukturasi analizi. **(2 soat)**

### **Reja:**

1. Qurilish mexanikasi fanining mohiyati va usullari. Qurilish mexanikasi fanining qisqacha rivojlanish tarixi va boshqa fanlar bilan uzviy bog'liqligi.
2. Inshootlar va ularning hisoblash sxemalari. Tayanchlar va ularning turlari.

3. Tashqi yuklar va ularning inshootga ta'siri. Inshootlar hisoblash sxemalarining kinematik analizi. Inshootlar geometrik strukturasi analizi.

### **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 deformatsiyalanganidan 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 deformatsiyalarni aniqlash metodlarini bilish kerak.

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

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.

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

Qurilish mexanikasining 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) arkalarni 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 printsiplarini 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.Prodquryakovning (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.

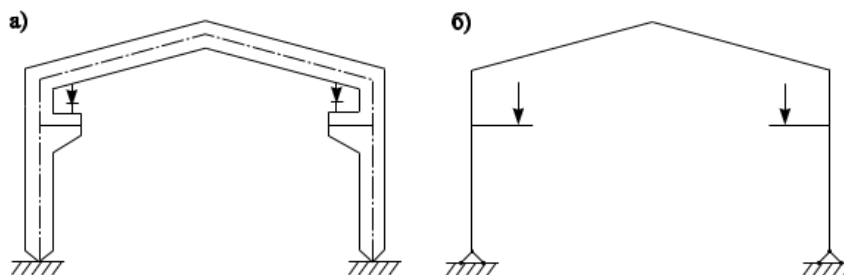
Inshootlarning dinamikasi hamda ustuvorlik nazariyalariga ta'luqli masalalar A. N. Dinnik, K. S. Zavriev, N. V. Kornouxov, N. K. Snitko, A. F. Smirnov, V. V. Bolotin, I. P. Prokofg'ev, Ya. M. Ayzenberg, A. I. TSeytlin va boshqa olimlarning asarlarida rivojlantirildi. V. Z. Vlasovning tadqiqod ishlarida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

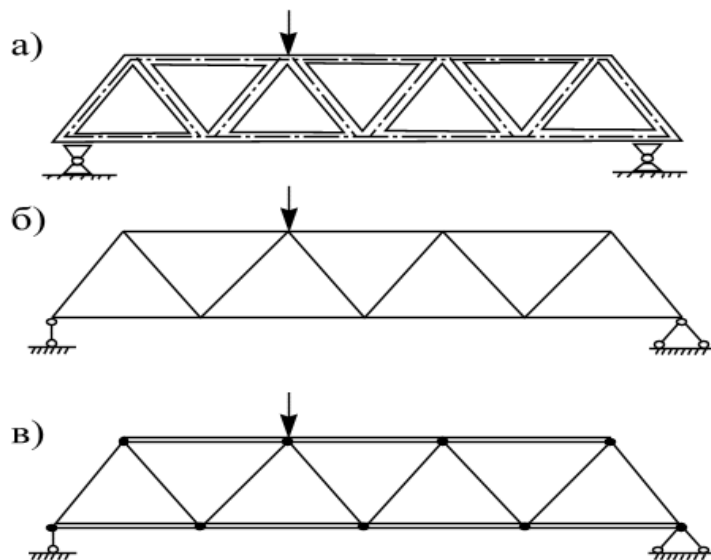
### Inshootlar va ularning hisoblash sxemasi

Inshoot va tuzilmalar (konstruksiyyalar)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 xaqiqiy tasvirni ifodalashi zarur. 1.1, 1.2—rasmlarda bahzi inshootlar, ularning to'liq va hisoblash tasvirlari ko'rsatilgan.



1.1.-pacm



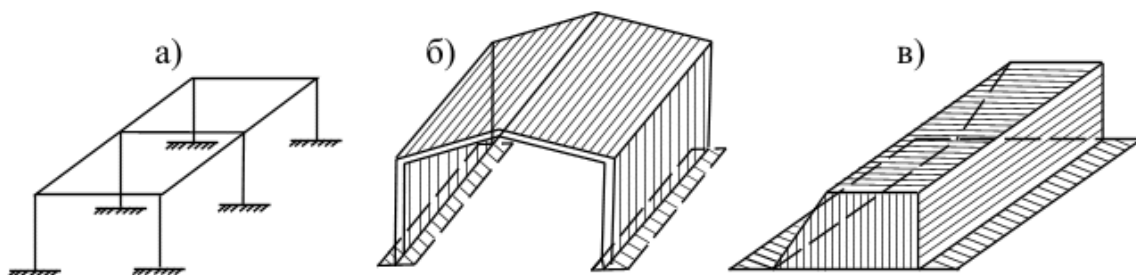
1.2 — rasm

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

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

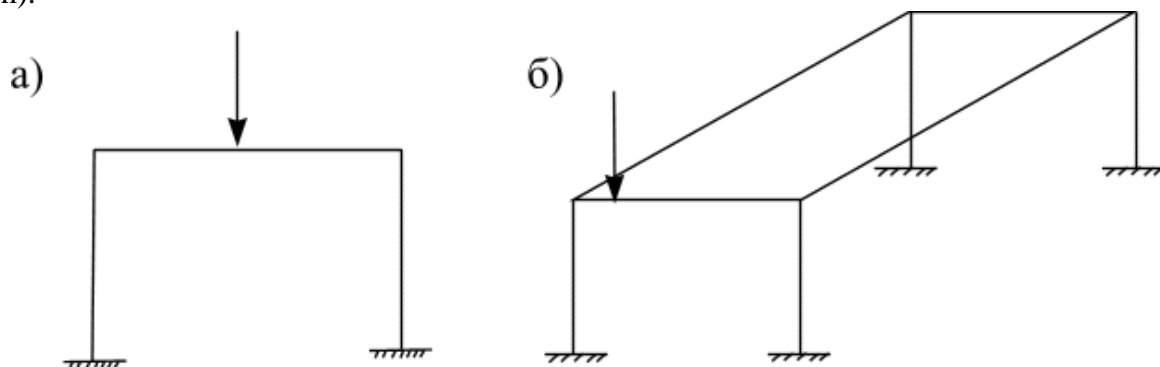
Plastinka, plita va qobiqlar hamda ularning birikmasidan tashkil topgan inshootlar (1.3b — rasm).

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.

- Inshootlarning xususiy og'irligi.
- 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:

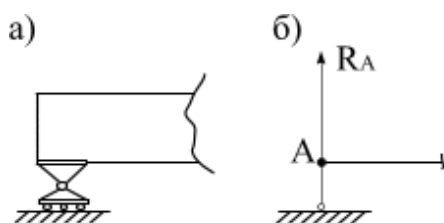
- Qo'zgalmas yuklar – bu yuklar inshootga ta'sir qilish davrida o'z o'rnini o'zgartirmaydi.
- Qo'zgaluvchan yuklar – inshootga qo'yilgan o'rnini o'zgartiradigan yukdir.

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.

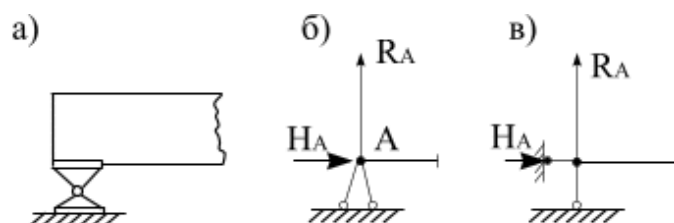
### Tayanch va ularning turlari

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).

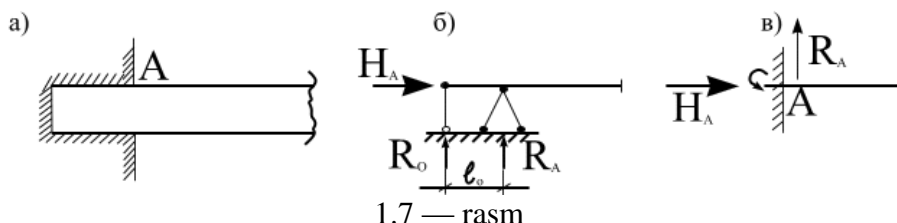


1.5 - pacm



1.6 - pacm

- Qistirib mahkamlangan tayanch (1.7 — rasm):



1.7 — rasm

### Mustaqil ishlash va nazorat savollari:

- Qurilish mexanikasi fani nimani o'rgatadi?
- Qurilish mexanikasi fanining rivojlanishi qaysi davrdan boshlandi?
- Fanni rivojlanishiga hissa qo'shgan qaysi o'zbekistonlik olimlarni bilasiz?
- Inshootlar hisoblash sxemasi deganda nima tushuniladi? Uni tanlashda qanday fikr mulohazalarga tayanish kerak?
- Qanday sistemalar sterjenli sistema deyiladi?
- Qanday sistemalar tekis yoki fazoviy sistemalar deyiladi?
- Qanday ta'sirlar inshootlarga qo'yilgan yuk bo'ladi?

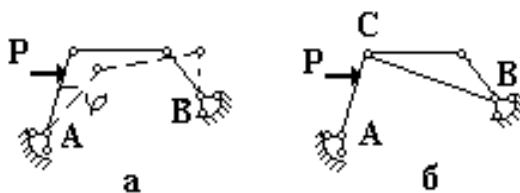


8. Yuklarning turlarini ayting?
9. Tayanchlar qanday vazifani bajaradi?
10. Tayanch reaksiyalari nima?

### 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'zgarmas 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'zgarmaslik 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'zgarmas bo'lishi uchun unga qo'shimcha bog'lovchi element (masalan,  $BC$ )ni kiritish kerak (1.6-rasm,b).



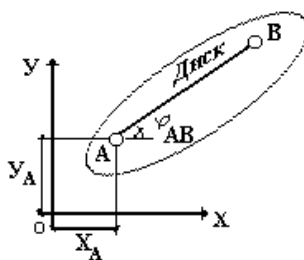
1.6 - rasm

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'zgarmas yoki o'zgaruvchi ekanligi bilib olinadi. Faqat geometrik o'zgarmas 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.

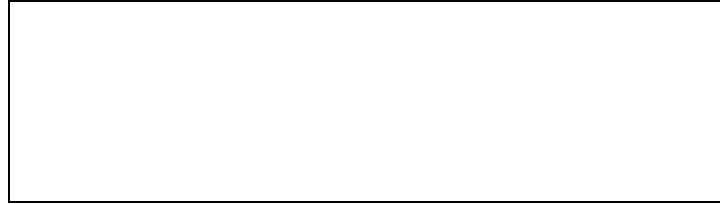
Har qanday geometrik o'zgarmas tekis sistema disk deb ataladi. Masalan: sterjen, 'lastinka, balka va fermalarni disk deb qabul qilish mumkin. Tekislikdagi biror diskning koordinatalar uqiga nisbatan olgan urni uchta parametr  $X, U$  va  $\varphi_{AV}$  bilan aniqlanadi (1.7-rasm). Demak, har bir disk 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'ziladi:

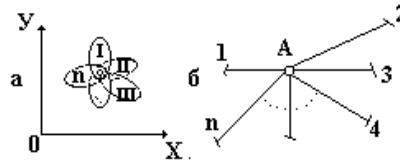
$$W = 3D - 2SH - C_T,$$

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'zgaruvchadir;  $W = 0$  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:



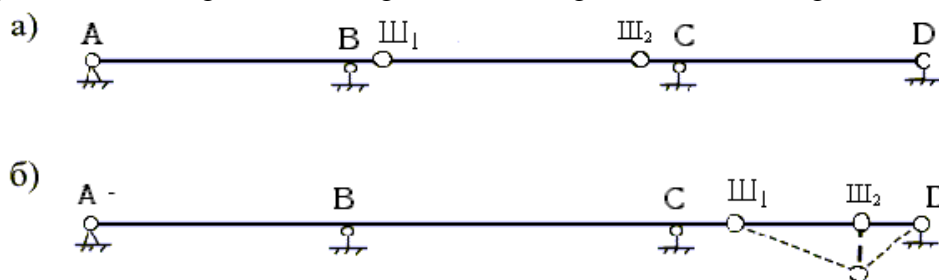
1.11 -rasm

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

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'zgaras 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.

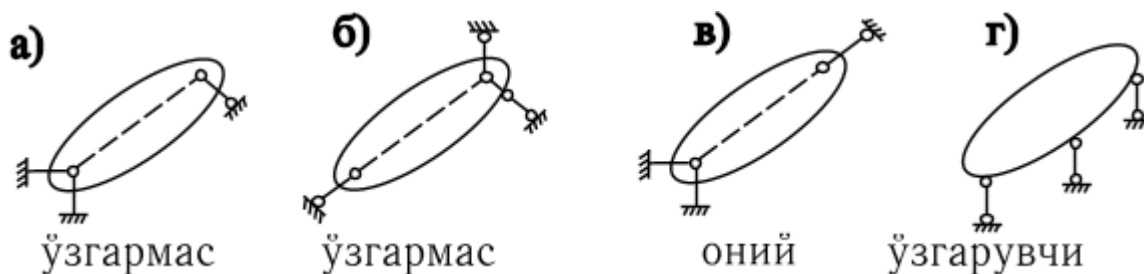


2.5 — rasm

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

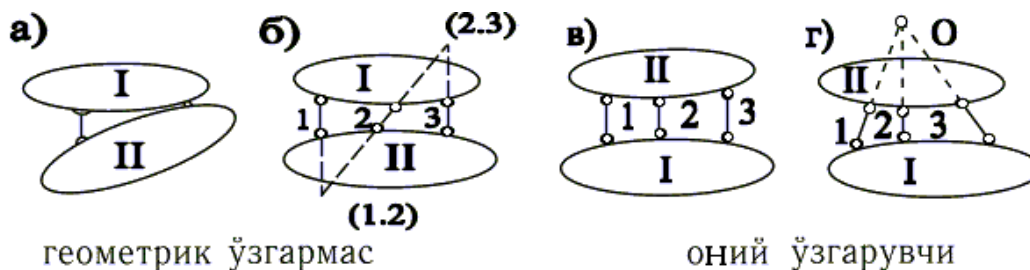
Inshootni hisoblash sxemasi geometrik o'zgaras bo'lish uchun ular yer bilan va o'zaro quyidagi shartlarga asosan bog'langan bo'lishi kerak.

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



2.6 — rasm

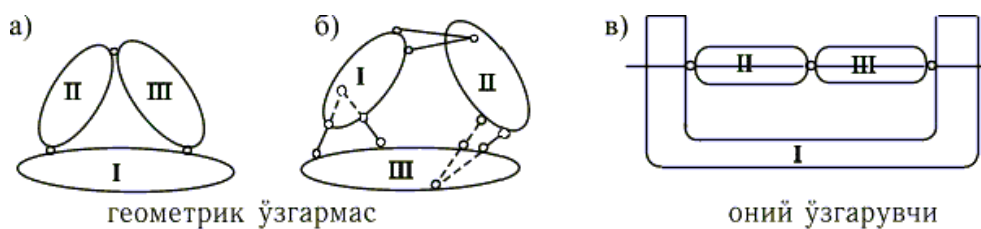
2) Ikki disk, bir sterjen' va bitta oddiy sharnirdan yoki 3ta sterjendan iborat sistema (2.7 — rasm).



2.7 — rasm

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

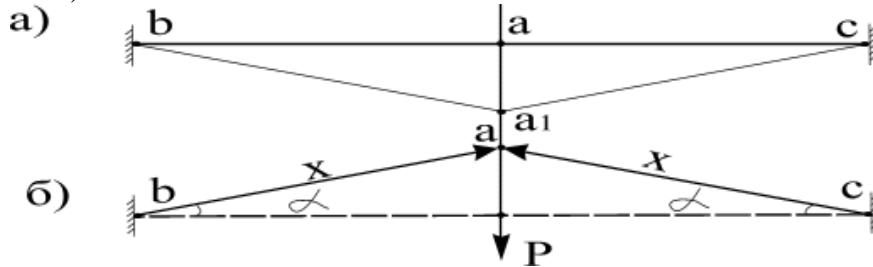
3) Uchta diskni geometrik o'zgaras qilib bog'lash uchun bir to'g'ri chiziqda yetmagan uchta oddiy sharnir yoki 6ta sterjen' kerak bo'ladi (2.8 — rasm). Aks holda hosil bo'lgan sistema oniy o'zgaruvchan bo'ladi.



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

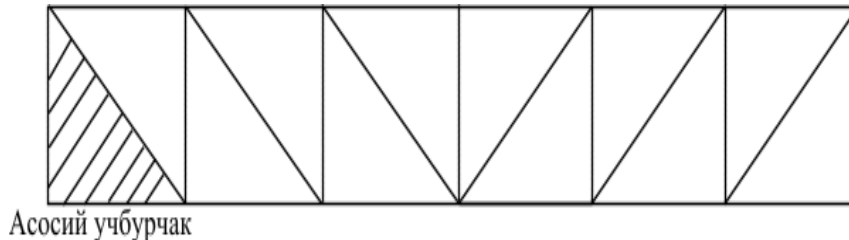
Oniy o'zgaruvchi sistemalarda tashqi yuklar ta'siridan yoki ularning ta'sirisiz cheksiz katta zo'riqishlar yoki noaniqlikka ega bo'lgan zo'riqishlar hosil bo'ladi. Bu bunday sistemalarning statik belgisi bo'ladi.. 2.9 – rasmda ko'rsatilgan oniy o'zgaruvchi sistemaning hisoblash sxemasini (2.9 – rasm)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

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

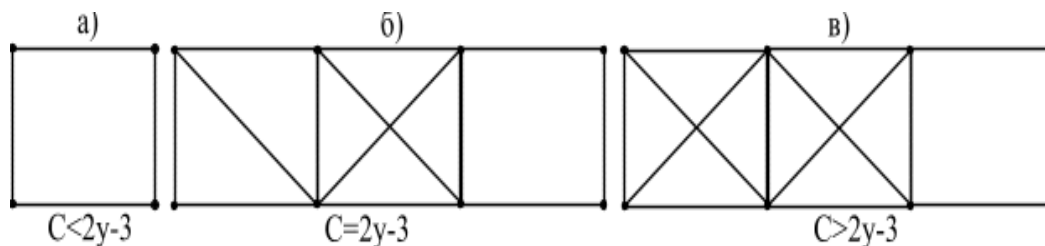
Bu yerda Y – tugunlar soni, S – sterjenlar soni,  $S_t$  – tayanch sterjenlar soni.

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

$$C=2Y - 3$$

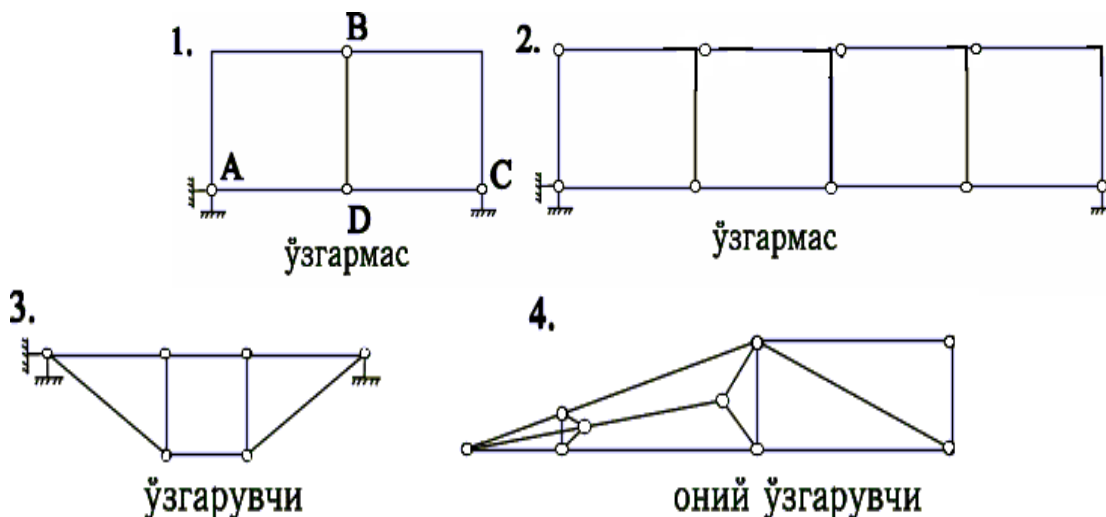
Agar  $C < 2Y - 3$  bo'lsa sistema geometrik o'zgaruvchan bo'ladi (2.11 a – rasm).



2.11 — rasm

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

**Qaytarish uchun misollar:**



**Mustaqil ishlash va nazorat savollari:**

1. Qanday sistema geometrik o'zgarma 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.

**2-3-ma'ruza.**

**Mavzu:** Harakatlanuvchi yuklar va ta'sir chiziqlari haqida tushuncha. Tayanch reaksiyalarning ta'sir chizig'i. Oddiy va konsol balkalarning biror kesimi uchun ichki zo'riqishlarning ta'sir chizigini chizish. Ta'sir chiziqlari yordamida zo'riqishlarni aniqlash. (4 soat)

**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'riqishlarning ta'sir chizigini chizish.
4. Ta'sir chiziqlari yordamida zo'riqishlarni aniqlash

**Tayanch so'z va iboralar:**

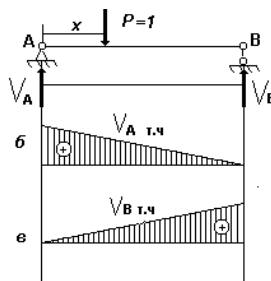
*Harakatlanuvchi yuklar, harakatlanuvchi birlik kuch, ta'sir chizig'i, reaksiyaning ta'sir chizig'i, eguvchi moment va kesuvchi kuchlarning ta'sir chiziqlari, statik usul,  $R=1$  kuchining xolatlari, oddiy balkalarda ta'sir chiziqlarini qurish, konsolli balkalarda ta'sir chiziqlari, harakatlanuvchi to'plama kuchlar, chiziqli taralgan kuchlar, juft kuchlar ta'siri, zo'riqishlarni 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'riqishlar 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 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

$$\sum M_B = 0, \quad Al - P(1-x) = 0.$$

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 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  $0 \leq x \leq l$  oraliqda qiymatlar beramiz ( $P=1$ ) yuk chap va o'ng tayanchlar orasida harakatlanadi).  $x=0$  da  $A=1$  va  $x=l$  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  $x=l$  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 qabo'l 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):

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

(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.

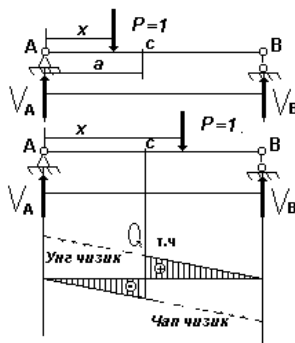
(2.2) va (2.3) ifodalarga ko'ra,  $A$  va  $B$  tayanch reaksiya ta'sir chiziqlarining ordinalari musbat ishorali bo'lib, o'lchamsiz miqdordir.

**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  $Q_c^{uan}$  ni aniqlaymiz:

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

*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:  $Q_c^{uan} = -A = -\frac{x}{l}$ . (2.4')



2.2 - rasm

(2.4) ga asosan,  $Q_c^{uan}$  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,  $Q_c^{yuz}$  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.

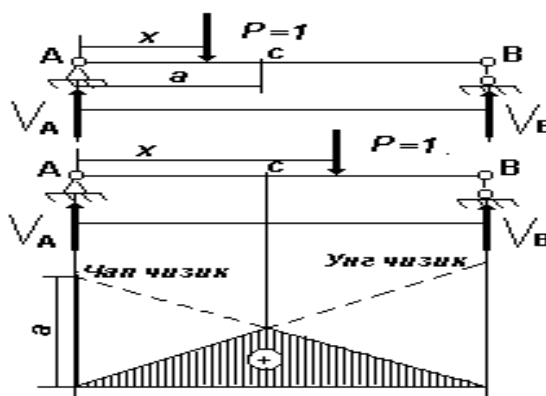
**Eguvchi momentning ta'sir chizig'i.** Balkaning  $C$  kesimida hosil bo'ladigan eguvchi moment ta'sir chizig'ini qurish uchun ham birlik kuchning ikki holatini tekshiramiz (2.3-rasm).

*Birinchi holat.* ( $P=1$ ) kuch  $C$  kesimning chap tomonida harakatlanadi

( $0 \leq x \leq a$ )  $a$ ) deb faraz qilib (2.3-rasm,)),  $M_c^{uan}$  eguvchi moment tenglamasini balkaning o'ng tomoni muvozanatiga asosan yozamiz:

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

Bu tenglama  $P=1$  yuk chap tayanchdan kesimgacha harakatlenganda  $M_C$  eguvchi moment qiymatining o'zgarishini ifodalaydi. Uning grafisini (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,  $M_C^{\text{yuz}}$  ni aniqlaymiz. Balka chap tomonining muvozanatini tekshiramiz, bunda :

$$M_C^{\text{yuz}} = A \cdot a = (1 - x/l) \cdot a \quad (2.5')$$

Demak,  $M_C^{\text{yuz}}$  chiziq bu chegarada  $A$  reaksiyaning ta'sir chizig'i ordinatalarini  $a$  o'zgarimas songa ko'paytirib chizilganiga to'g'ri keladi. Bu chiziq o'ng chiziq deyiladi (2.3-rasm,).

Chap chiziq bilan o'ng chiziq  $C$  kesim tagida kesishadi, chunki  $X = a$  ni (2.5) va (2.5') ifodalarga qo'ysak  $M^{\text{uan}}$  va  $M^{\text{yuz}}$  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 qabo'l 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 absissa  $x$  ga  $-a \leq x \leq 1+b$  oraliqda qiymatlar beramiz:

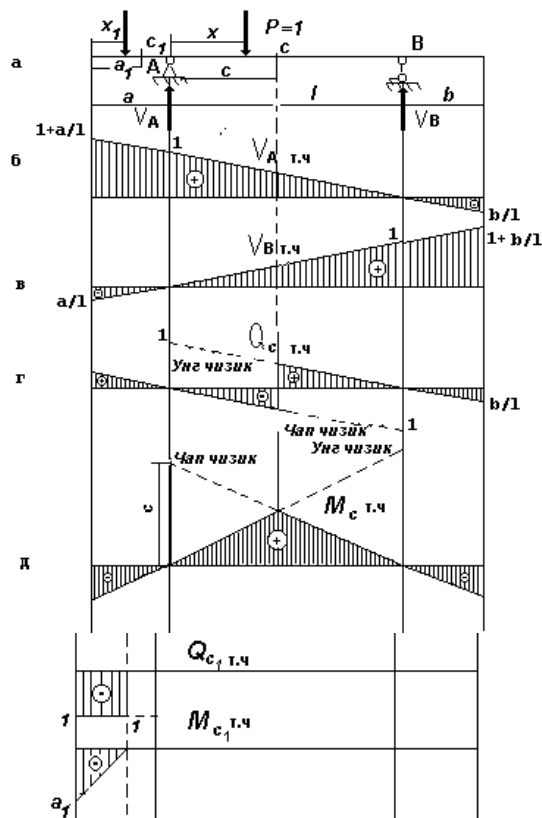
$$x=0 \text{ da } A=1, \quad x=1 \text{ da } A=0, \quad x=1+b \text{ da } A=-b/l \quad x=-a \text{ da}$$

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

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:  $Q_{C_1}^{yuz} = 0$  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  $M_{C_1}^{uan} = -P(a_1 - x_1)$  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 chiziqlar yuqoridagi kabi chiziladi.

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

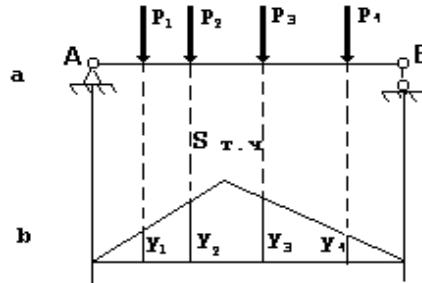
Qo'zg'almas yuklar qo'yilgan inshootning zo'riqlash, ya'ni eguvchi moment, ko'ndalang kuch va tayanch reaksiyalari miqdorini ta'sir chizig'i yordamida aniqlashni ko'ramiz. Masalan, vertikal qo'zg'almas yuklar ta'sirida bo'lgan inshootning biror  $S$  zo'riqlashi uchun ta'sir chizig'i qurilgan bo'lsin (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 ko'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 'rinsi'ga 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  $y_1, y_2, \dots, y_n$  ordinatalarni 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 :

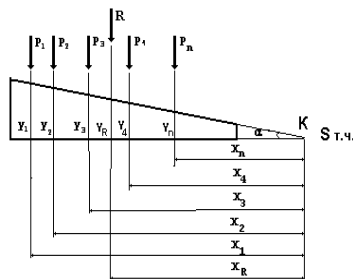
$$S = x_R \operatorname{tg} \alpha;$$

bunda  $R$  kuchlar sistemasining teng ta'sir etuvchisi ;  $x_R$  – teng ta'sir etuvchi kuchlardan  $K$  nuqttagacha 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 chizikli 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.

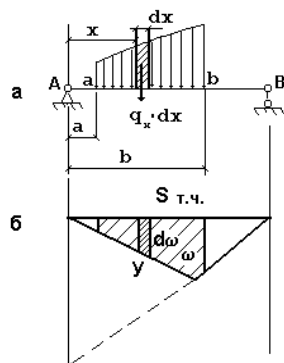
2. Inshootga taralgan yuk  $q(x)$  ko'yilgan bo'lsin.  $S$  zo'riqishning to'la miqdorini aniqlash uchun taralgan yuk uzunligini elementar bo'lakchalarga bo'lamiz (2.7-rasm). Biror elementar bo'lak  $dx$  ga mos kelgan taralgan yukni elementar to'plangan kuch  $q(x) \cdot dx$  orqali ifodalaymiz. U holda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

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

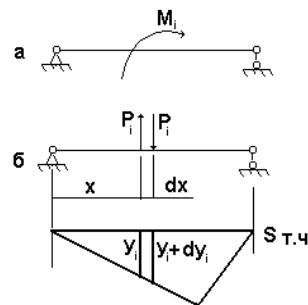
bunda  $d\omega = y dx = S$  ta'sir chizig'idagi  $dx$  oraliqqa mos kelgan elementar yuza.

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  $q(x) = q = const$  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).

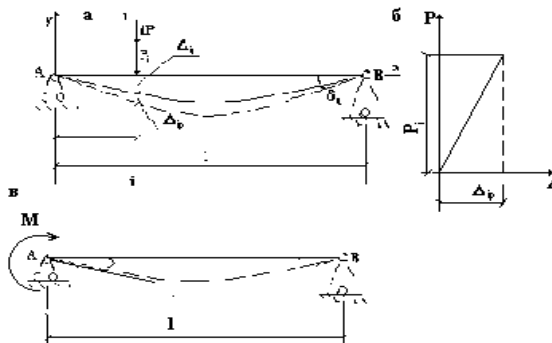
Agar inshootga har xil intensivlikdagi bir necha tekis taralgan yuk qo'yilgan bo'lsa, u holda kuchlar ta'sirining mustaqillik 'rinsi'iga asosan  $S$  zo'riqishni (2.9) ifodadan foydalanib quyidagicha aniqlash mumkin:

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

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):

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

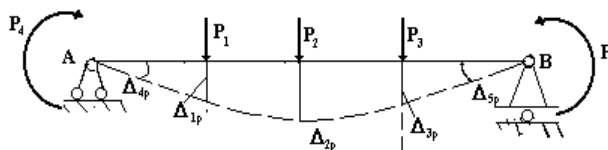


5.3.- rasm.

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 karaymiz. Elastik sistemaning deformatsiyalangan holatini tula aniqlaydigan va o'zaro bog'liq bulmagan 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 kura 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:

$$\boxed{\phantom{M_i}} = M_i \operatorname{tg} \alpha_i, \quad (2.10)$$

bunda  $y_i$  - moment qo'yilgan nuqtada ta'sir chizig'iga o'tkazilgan urinmaning absissa 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) formularga 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 qabo'l kilinadi.
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 qabo'l 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'lanadi?
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 tugunlar orqali qanday uzatiladi?
10. Yuklar tugunlar orkali uzatilganda ta'sir chiziqlari qanday quriladi?

#### 4- Ma'ruza. Tugunlar orqali yuk uzatilganda ta'sir chiziqlarini qurish.

##### Reja:

1. Tugunlar orqali yuk uzatilganda ta'sir chizigini qurish

Asosiy balka bo'ylab tashqi kuchlarning harakatlanish hollarini yuqorida ko'rib chiqdik. Lekin amalda, Ko'pincha asosiybalka ustiga ma'lum oraliqda ko'ndalang balkalar qo'yilib, 'rolet bir necha qismlarga bo'linadi (2.9-rasm). Tashqi yuklar esa ular ustiga qo'yilgan yordamchi-bo'ylama balkachalar bo'yicha harakatlanadi.

Bunday sistemalarda tashqi yuklarning ta'siri ko'ndalang balkalardan asosiybalkaga tugunlar orqali uzatiladi va bundayuzatilish tugun orqali yuklanish holati deyiladi.

Asosiy balkaga ko'ndalang balkaning tayangan joyi tugun, ikki qo'shni tugun oralig'i esa panel deb ataladi. Hisoblash ishlarini osonlashtirish uchun yordamchi-bo'ylama balka ko'ndalang balkalarga sharnirli tayangan deb qabo'l kilinadi.

Yordamchi-bo'ylama balkaning uzunligi panel uzunligiga teng bo'lib, uni  $P$  harfi bilan belgilaymiz (2.9-rasm). Birluk yuk ( $P = 1$ ) yordamchi-bo'ylama balkalar ustida harakatlanadi deb, asosiybalkaning biror  $C$  kesimi uchun  $M_C$  eguvchi moment ta'sir chizig'ini quramiz (2.10-rasm).

Agar birluk yuk tugunlar ustida bo'lsa, uning ta'siri asosiybalkaga yordamchi balkalarsiz uzatilgan bo'ladi. Bu holda  $M_C$  ning ta'sir chizig'i



2.9 -rasm

yordamchi balkalarni e'tiborga olmasdan oddiy balking shu kesimi uchun kurilgan eguvchi moment ta'sir chizig'i kabi chiziladi (2.10-rasm,b).

Endi birluk yuk yordamchi balka bo'ylab harakatlanishini tekshiramiz. Masalan, birluk yuk kesim joylashgan panelning chap tugunidan  $x$  masofada bo'lsin, u holda uning ta'siri birinchi va ikkinchi tugunlar orqali  $P$  hamda  $P$  reaksiyalar kurinishida asosiy balkaga uzatiladi (2.10-rasm,a). Bu reaksiyalarning miqdori oralig'iga teng bo'lgan oddiy balka tayanch reaksiyalari kabi aniqlanadi:

$$P_1 = 1 \cdot \frac{d-x}{d}; \quad P_2 = 1 \cdot \frac{x}{d};$$

Bunda  $0 \leq x \leq d$  bo'ladi.

$P_1$  va  $P_2$  reaksiyalar ta'siridan asosiy balkada hosil bo'lgan  $M_C$  ning miqdori (2.6) formulaga asosan aniqlanadi:

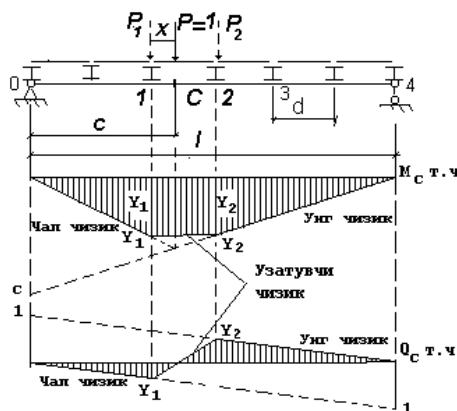
$$M_C = P_1 y_1 + P_2 y_2$$

Bunga  $P$  va  $P$  ning yukorida ifodalangan qiymatlarini ko'yamiz

$$M_c = 1 \cdot \frac{d-x}{d}; = 1 \cdot \frac{x}{d}; \quad (2.12)$$

(2.12) ifoda  $x$  ga nisbatan to'g'ri chiziq tenglamasidir ( $0 \leq x \leq d$ ).

Demak (2.12) formulaga asosan, birlik yuk ( $P=1$ ) birinchi va ikkinchi tugunlar oralig'ida harakat qilganda  $C$  kesimdagi  $M_c$  ta'sir chizig'i to'g'ri chiziq bo'ladi. Agar  $x=0$  bo'lsa, ( $P=1$ ) yuk chap tugun ustida hamda  $M_c$  ning ordinatasi  $y_1$  ga teng bo'ladi (2.10-rasm,b).



2.10 - rasm

Bu ikki tugun orasida  $M_c$  ta'sir chizig'ining o'zgarishi to'g'ri chiziqli bo'lgani uchun  $y_1$  va  $y_2$  ordinalarni to'g'ri chiziq orqali birlashtiramiz. Ko'rilayotgan kesimning chap va o'ng tomonidagi tugun ordinalarini birlashtiruvchi chiziq uzatuvchi chiziq deyiladi.

$M_c$  va  $Q_c$  ning ta'sir chiziqlari 2.10-rasm, b va v da ko'rsatilgandek bo'ladi.

Demak, yuk tugunlar orqali uzatilganda zo'riqishlarning ta'sir chiziqlari quyidagi tartibda chiziladi: 1) zo'riqishlarning ta'sir chizig'ini, avvalo yuk tugunlar orqali uzatilishini e'tiborga olmasdan, asosiy balka uchun chiziladi; 2) kesim joylashgan panel chekka tugunlari tagida chap va o'ng chiziqlardagi ordinalar uzatuvchi chiziq bilan birlashtiriladi. Hosil bo'lgan ta'sir chiziq asosiy balkaning tugun orqali yuklanishini hisobga olib qurilgan zo'riqish ta'sir chizig'i bo'ladi.

### Harakatlanuvchi yuklarning noqulay vaziyatini aniqlash.

Inshoot ustida vaziyati ma'lum bo'lgan tashqi yuklar ta'siridan hosil bo'lgan zo'riqishlar miqdorini, ularning ta'sir chizig'ini yuklash yo'li bilan aniqlashni yuqorida ko'rib o'tdik.

Agar kuchlar sistemasi inshoot ustida harakatlansa, hosil bo'ladigan zo'riqishlar miqdori bir-biriga bog'langan harakatlanuvchi kuchlarning joylanish vaziyatini ifodalovchi absissa  $x$  ga bog'liq bo'ladi:

$$S = f(x)$$

Endi inshoot bo'ylab kuchlar sistemasi harakatlanganda unda hosil bo'ladigan zo'riqishlarning ekstremal miqdorini ( $S_{\max}$  yoki  $S_{\min}$ ) aniqlashni ko'ramiz.

Agar harakatlanuvchi kuchlar sistemasining biror vaziyatida inshootda hosil bo'ladigan zo'riqish yekstremal miqdorga ega bo'lsa, bunday vaziyat noqulay vaziyat yoki hisoblash holati deyiladi. Bir-biriga bog'langan kuchlar sistemasi inshoot ustida harakatlanishi vaqtida hosil bo'ladigan noqulay vaziyat shartlarini aniqlaymiz.  $S$  zo'riqishning ta'sir chizig'i uchburchaklardan iborat bo'lsin.  $S$  ta'sir chizig'ining ustida turgan harakatlanuvchi kuchlarning biror vaziyatini olamiz. Tekshirilayotgan bu vaziyatda kuchlardan hech qaysisi ta'sir chizig'ining eng katta ordinatasi (cho'o'qisi) ustida turmasin (2.11-rasm,a), bu kuchlar ta'siridan hosil bo'ladigan zo'riqish miqdori (2.6) formulaga asosan quyidagiga teng :

$$S = \sum P_i y_i = f(x) \quad (2.13)$$

bunda  $y_1$  - ta'sir chizig'idan olingan ordinata, u bir-biriga bog'langan kuchlar sistemasi vaziyatini ko'rsatuvchi absissa  $x$  ga bog'liq.

$x = x_0$  bo'lsa, harakatlanuvchi kuchlar sistemasi inshoot ustida noqulay vaziyatni egallaydi deb faraz qilamiz, u holda inshootda hosil bo'ladigan zo'riqish o'zining eng katta

miqdoriga ega bo'ladi. Bu noqulay vaziyatda  $S_{\max}$  bo'lishi uchun  $f(x)$  funksiya quyidagi yekstremallik shartlarini qanoatlantirishi kerak:

$$\begin{aligned} \Delta S_{chap} < 0 \\ \Delta S_{o'ng} < 0 \end{aligned} \quad (2.14)$$

ya'ni ta'sir chizig'i ustida turgan harakatlanuvchi kuchlar sistemasini chap yoki o'ng tomonlarga cheksiz kichik  $\Delta x$  masofaga siljitish natijasida hosil bo'lgan zo'riqishlarning orttirmasi  $\Delta S$  manfiy ishoraga ega bo'lishi kerak. 2.11-rasmda ko'rsatilgan kuchlar sistemasining noqulay vaziyatini (I holat) (2.14) shartlar bo'yicha tekshirib ko'ramiz. Ta'sir chizig'ining  $AC$  va  $BC$  uchastkalarida joylashgan kuchlarni ularning teng ta'sir etuvchisi  $R^{chap}$  va  $R^{o'ng}$  orqali ifodalaymiz. Bu vaziyatdagi kuchlar sistemasini o'ng tomonga  $\Delta x$  masofaga ko'chirib (II holat, 2.11-rasm, b)  $S$  zo'riqish orttirmasi  $\Delta S$  o'ng ning miqdorini (2.6) formulaga asosan aniqlaymiz:

$$\begin{aligned} \Delta S_{o'ng} = S_{II} - S_I = R^{chap}(y_1 = dy_1) = R^{o'ng}(y_2 = dy_2) - R^{chap}y_1 - R^{o'ng}y_2 \\ \text{yoki} \quad \Delta S_{o'ng} = R^{chap} dy_1 - R^{o'ng} dy_2 \end{aligned} \quad (2.15)$$

2.11-rasmdan  $dy_1 = \Delta x \operatorname{tg} \alpha$ ,  $dy_2 = \Delta x \operatorname{tg} \beta$ , ekanligini e'tiborga olib (2.15) formulani quydagicha yozamiz:

$$\Delta S_{o'ng} = R^{chap} \Delta x \operatorname{tg} \alpha - R^{o'ng} \Delta x \operatorname{tg} \beta \quad (2.15)$$

Yendi kuchlar sistemasini chap tomonga  $\Delta x$  masofaga ko'chiramiz (III-holat, 2.13 rasm, v). Bu xol uchun hosil bo'lgan zo'riqish orttirmasi  $\Delta S_{chap}$  ni hisoblaymiz

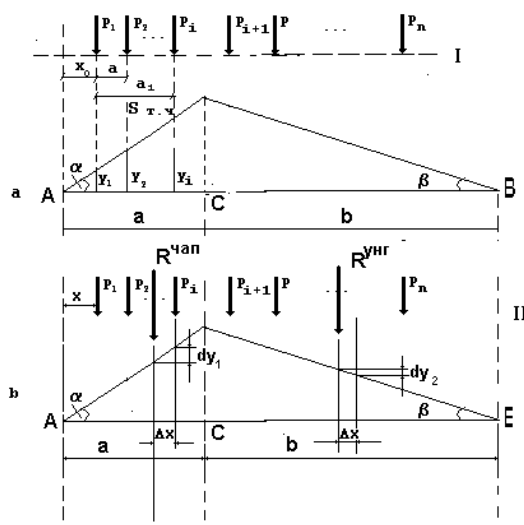
$$\begin{aligned} \Delta S_{chap} = S_{III} - S = R^{chap} dy_1 - R^{o'ng} dy_2 \\ \text{yoki} \quad \Delta S_{chap} = R^{chap} \Delta x \operatorname{tg} \alpha - R^{o'ng} \Delta x \operatorname{tg} \beta \end{aligned} \quad (2.16)$$

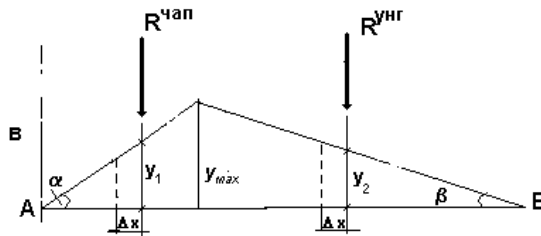
(2.15') va (2.16) ifodalardagi ortirmalarni bir biri bilan taqqoslab, quyidagi tenglikni olamiz.

$$\Delta S_{o'ng} = -\Delta S_{chap} \quad (2.17)$$

(2.14) shartga asosan  $x = x_0$  da  $S_{\max}$  bo'lishi uchun kuchlar sistemasini o'ng yoki chap tomonga  $\Delta x$  masofaga siljitishda hosil bo'lgan ortirmalar  $\Delta S_{o'ng}$  va  $\Delta S_{chap}$  manfiy ishoraga ega bo'lishi kerak edi, lekin (2.17) tenglikka asosan birinchi ortirma  $\Delta S_{o'ng}$  musbat, ikkinchi ortirma esa manfiy ishoraga ega bo'ladi. Demak, (2.14) shart bajarilmaganligi sababli kuchlar sistemasining tekshirilgan holati noqulayvaziyatda bo'la olmaydi.

Uchbuchaklik shaklidagi ta'sir chizig'i ustida harakatlanuvchi kuchlar sistemasini yangi vaziyatga ko'chiramiz. Bu vaziyatda kuchlar sistemaning biror kuchi ta'sir chizig'ining eng katta ordinatasi cho'o'qisi) ustida turgan bo'lsin (2.12-rasm).





2.11 -rasm

**Mustaqil ishlash va nazorat savollari:**

1. Harakatlanuvchi yuklarga hisoblashda qanday masala qo'yiladi?
2. Ta'sir chiziqlari nima degani?
3. Ta'sir chiziqlarini qurishda qaysi usullar qo'lanadi?
4. Ta'sir chiziqlarini statik usulda qanday quriladi?
5. Yuklarni tugun orqali qanday uzatiladi?
6. Yuklar tugunlar orkali uzatilganda ta'sir chiziqlari qanday quriladi?

5-ma'ruza.

**Mavzu:** Ko'p oraliqli statik aniq balkalar uchun qavatlararo sxemalarini chizish. Ko'p oraliqli balkalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash. Ko'p oraliqli balkalarni ta'sir chiziqlari orqali hisoblash. Harakatlanuvchi yuklarning noqulay vaziyatini aniqlash. (2 soat)

**Reja:**

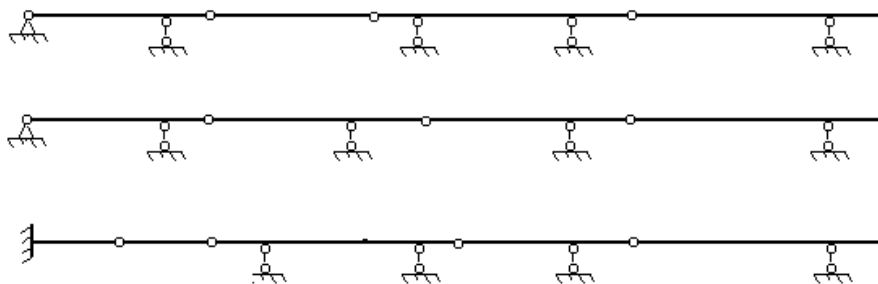
1. Ko'p oraliqli statik aniq balkalar uchun qavatlararo sxemalarini chizish.
2. Ko'p oraliqli balkalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash.

**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.

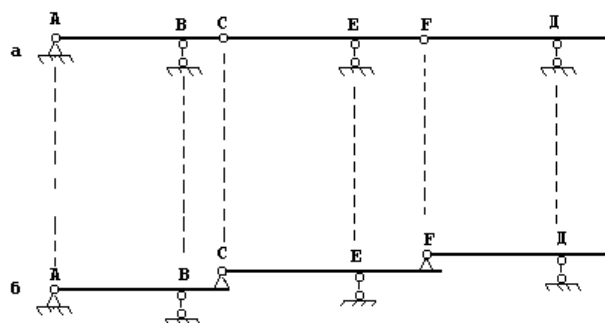
Ko'p prolyotli statik aniq balkaning geometrik o'zgarmas ekanligini bilish hamda ishini tekshirish uchun uning elementlarining o'zaro bog'lanishi va ta'sirini ifodolovchi sxema chizish kerak. Masalan, 2.15 rasm, a da ko'rsatilgan balka elementlarining o'zaro bog'lanish sxemasi 2.15



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'zgaruvchan bo'lishi mumkin. Balka CEF fundament bilan bitta tayanch sterjen bilan geometrik o'zgaruvchan ABC balka bilan sharnir vositasida bog'langanligi sababli bu element ham geometrik o'zgaruvchan bo'lishi mumkin. SHunga o'xshash FD balka geometrik o'zgaruvchan. 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.

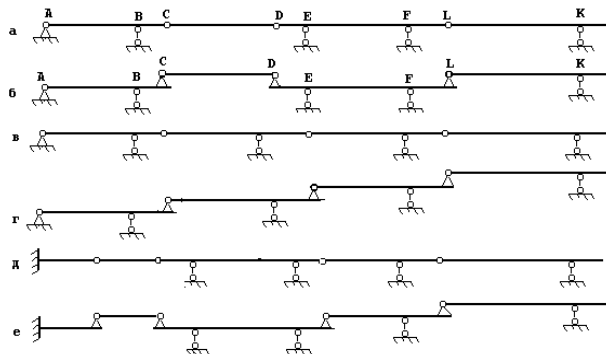
2.16 rasm, a da ko'rsatilgan 1 tip ko'p prolyotli balka 2 konsulli asosiy balkalar va ularning uchiga tayangan osma balkalardan iborat. Bu tipdagi balkalarning sharnirsiz prolyotidan keyin prolyotida 2 ta sharnir joylashgan bo'ladi. Bu yerda ABC va DEFL elementlar asosiy balkalar, CD va LK elementlar 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

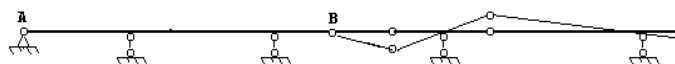


2.15 rasm

o'zgaruvchan bo'lishi mumkin. Masalan 2.17 rasmda ko'rsatilgan balkaning A V qismi statik aniqmas, VS qismi esa geometrik o'zgaruvchandır, 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-ma'ruza. Mavzu:** Ko'p oraliqli balkalarni ta'sir chiziqlari orqali hisoblash. Harakatlanuvchi yuklarning noqulay vaziyatini aniqlash. (2 soat)

#### **Reja:**

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

Tayanch so'z va iboralar:

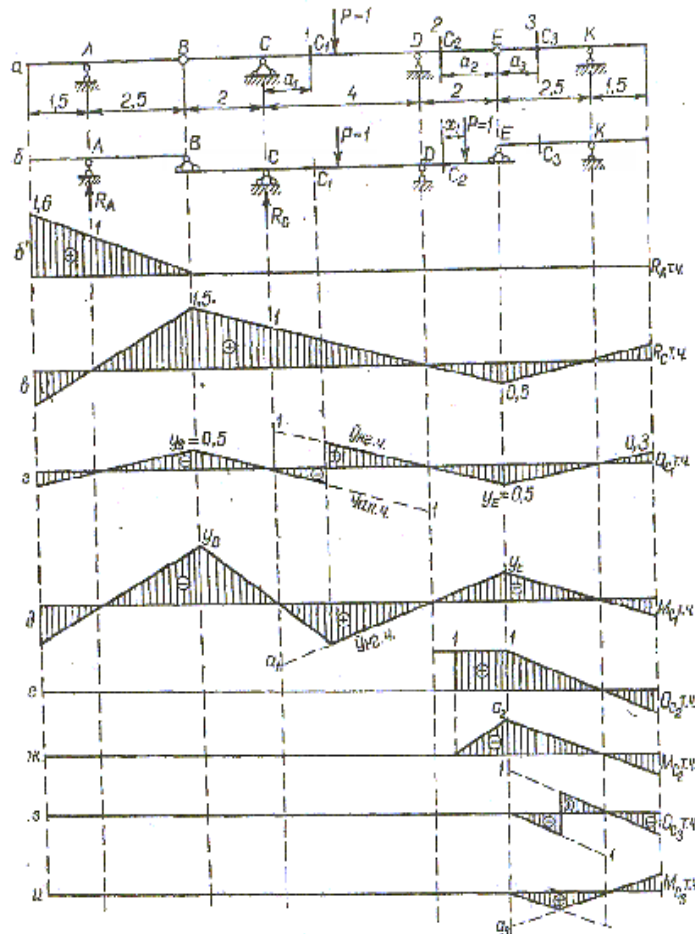
*O'zaro ta'sir sxemasi, asosiy balka, osma balka, birlik harakatlanuvchi kuch, ta'sir chizig'i, kesim asosiy balkada, kesim osma balkada, kesim konsolda, ta'sir chiziqlarining ordinatasi, uchburchaklar o'xshashligi, to'plama yuk, taralgan yuk, yuza, ta'sir chiziqlari ishoralari.*

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 yoqi 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'riqlashlarning 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).

$Q_{C_1}$  ta'sir chizig'ini qurish (5.1 g – rasm).  $C_1$  kesim asosiy balking 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  $Q_{C_1}^{uan} = -RD$ ; o'ng tomonida bo'lganda esa  $Q_{C_1}^{yh2} = -R_C$  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  $Q_{C_1}^{yh2} = YE = 0,5$ ; K tayanch ustida bo'lganda esa  $Q_{C_1}^{yh2} = 0$  bo'ladi. Bu ordinatalarni to'g'ri chiziq bilan birlashtirib, uni konsol oxiriga davom ettiramiz.

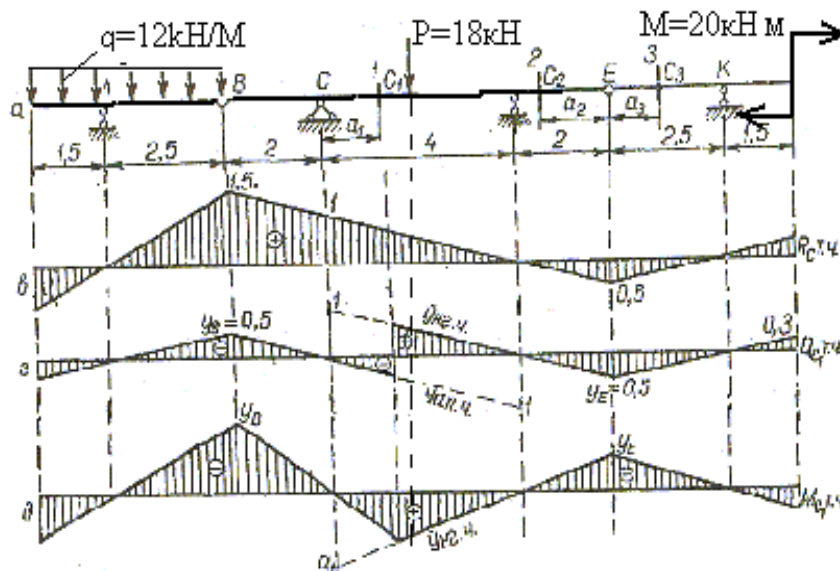
$R=1$  yuk AB osma balkaning B sharniri ustida bo'lganda  $Q_{C_1}^{y_{H2}} = YB = -0,5$ .

### 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 tarikasida 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.

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



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

$$= 9 + 144 + 4 = 27,4 \text{ kH}$$

$$M_{C_1} = P \cdot y + q\varpi + M \cdot tg \alpha = 18 \cdot 0,6 + 12\left(\frac{1}{2} \cdot 0,94 \cdot 1,5 - \frac{1}{2} \cdot 1,4 \cdot 2,5\right) - 20 \cdot \frac{0,36}{1,5} =$$

$$= 10 + 12(0,06 - 1,75 + 4,8) = 2,16 \text{ kH} \cdot \text{m}$$

$$Q_{C_1} = P \cdot y + q\varpi + M \cdot tg \alpha = 18 \cdot 0,5 + 12\left(\frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 2,5 - \frac{1}{2} \cdot 0,3 \cdot 1,5\right) +$$

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

### 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. Siljувchi 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?

**Mavzu:** Fermalar haqida umumiy tushuncha. Fermalarning turlari. Statik aniq fermalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash. Ferma sterjenlarining zo'riqish kuchlarini aniqlash. Ferma sterjenlari uchun ta'sir chiziqlarini chizish. Ta'sir chiziqlari orqali sterjenlardagi zo'riqish kuchlarini aniqlash. (4 soat)

**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:**

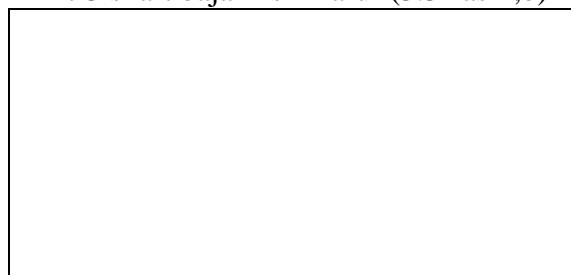
*Ferma hisob sxemasi, panel, tasmalar, xovon, tashqi kontur shakli, panjaralarning shakli, tayanchlarga qo'yilishi, qurilishda foydalanish, xarakat chegarasi, zo'riqishlar, moment nuqtasi, proektsiya, tugun kesish, almashtirish, diagramma.*

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 ferma 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 to'amiz. 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 aniqlik (3.1) shartini boshqa ko'rinishda ifodalaymiz. Uchburchaklik shaklidagi shartli geometrik o'zgarmas ABC birikmaga (3.2 rasm) bir to'g'ri chiziqda yotmagan va uchlarini 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. Ferma 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 chiziqda 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)



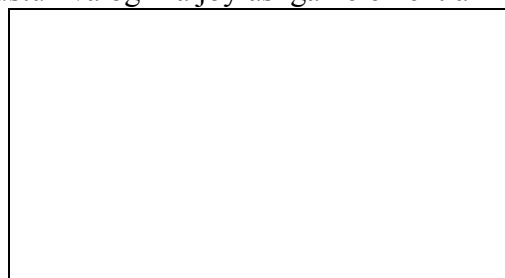
1.3 – rasm

Fermaning geometrik o'zgarishiga 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'zgarish 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'zgarishiga qo'yidagi usullar bilan analiz qilinadi:

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

2. Murakkab fermalarning strukturasi bir necha disklarni bir biriga tutashtirish koidalari 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 gorizontal oraliq panel deyiladi. panel oralig'i  $d$  bilan belgilanadi. Fermaning tayanchlari orasidagi masofa prolyot deb ataladi.

### Fermalar klassifikatsiyasi

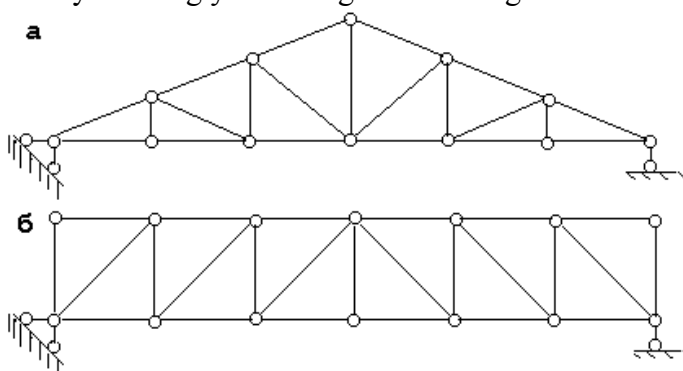
1. Fermalar tashqi konturining ko'rinishiga qarab uchburchakli shaklli (3.5 rasm, a), parallel belbog'li (3.5 rasm, b) va poligonlar shaklli (3.5 rasm, v va g) bo'lishi mumkin. Uchburchaklik va poligonal fermalar asosan tomli yo'ishda ishlatiladi. parallel belbog'li va trapetsiya shaklli fermalar esa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

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

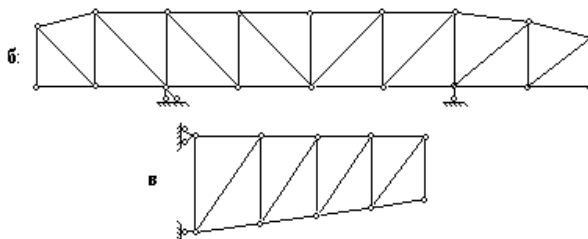
a) Oddiy uchburchakli panjarali fermalar (3.6 rasm, g);

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

3. Fermalar tayanch reaksiyalarining yo'nalishiga va ularning



3.6 - rasm

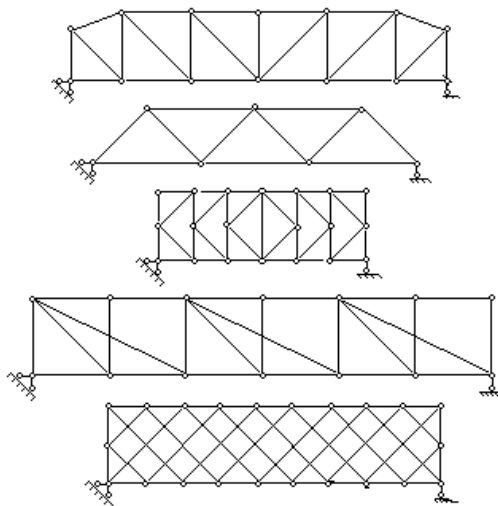


3.7 - rasm

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 yo'ish 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:

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

Uch sharnirli arkaning eguvchi moment epyurasini qurishda shu ifodadan foydalanish mumkin. Buning uchun arkaga qo'yilgani kabi yuklar bilan yuklangan oddiy balkaning eguvchi momenti  $M^o(x)$  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  $M^o(x)$  va  $Nu(x)$  epyuralardan olingan tegishli ordinalarning ayirmasiga teng bo'ladi (4.4- rasm,d). Masalan:

$$M_1 = M_1^o - Hy_1; M_2 = M_2^o - Hy_2; M_c = M_c^o - Hy_c = 0 \quad \text{va hokazo.}$$

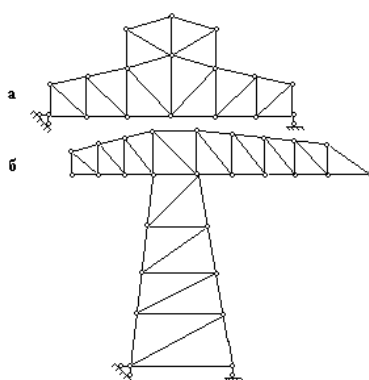
Bu usul bo'yicha qurilgan arkaning eguvchi moment epyurasi 4.4-rasm, d da shtrixlab ko'rsatilgan.

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:

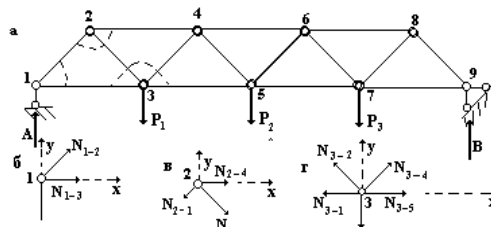
$$M_k = N_k e_k$$

bunda  $e_k$  - bo'ylama kuchning ekstsentrisiteti.

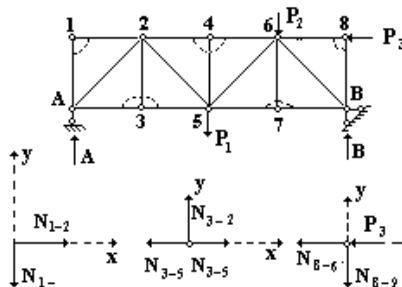
Agar teng ta'sir etuvchi  $R_k$  arka o'qidan yuqoridan o'tsa, arkaning pastki tolalari cho'zilgan bo'ladi, u holda eguvchi moment musbat hisoblanadi, agar pastda o'tsa  $M_k$  manfiy bo'ladi. Uch sharnirli arka taralgan yuklar ta'sirida bo'lganda, uning bosim Ko'pburchagi o'rniga egri chiziq hosil bo'ladi. 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.







3.9 - rasm



3.10 - rasm

### 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 to'ish uchun odatda muvozanat tenglamalaridan foydalanib, ularning tayanch reaksiyalari aniqlanadi.

Ferma sterjenlaridagi zo'riqishlar asosan quydagi usullar bilan aniqlanadi:

1. Ferma tugunlarini ajratish;
2. Fermanni 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:

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

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 tadbiiq 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 tenglamalarini 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 nolinchi 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:

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

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:

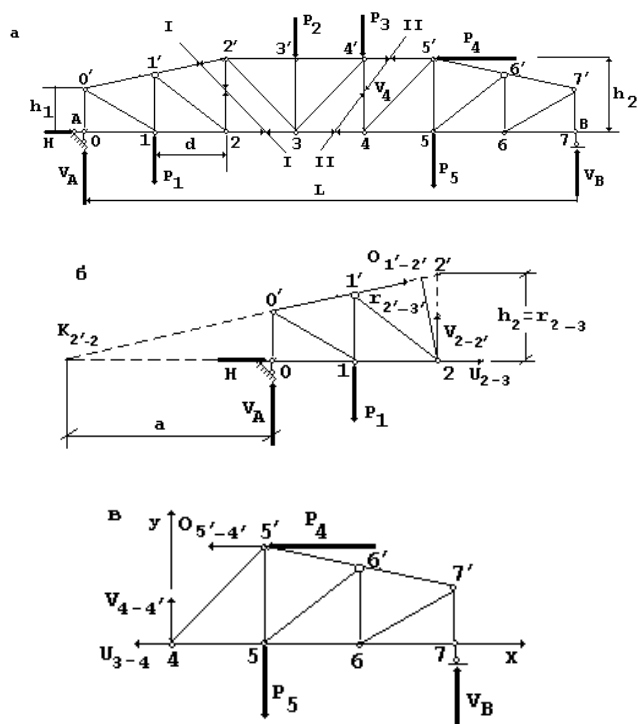
$$\sum X=0, \sum X=-N_{8-6}-R_3=0,$$

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.

$$\sum M_2 = V_A \cdot 2d - H \cdot h_2 - U_{2-3} \cdot 2 - P_1 \cdot d = 0,$$

bundan

$$U_{2-3} = 1/2 (V_A \cdot 2d - H \cdot h_2 - P_1 \cdot d),$$

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):

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

bundan

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

$V_{4-40}$  zo'riqishni to'ish uchun fermanni 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 paralel bo'lgani uchun  $V_{4-40}$  zo'riqishni aniqlashda ham kuchlarining vertikal uqqa tushirilgan proeksiyalari yig'indisining 0 ga tengligi shartidan foydalaniladi.

( $\sum Y = 0$ ):

$$\sum Y = V_{4-4} - F_5 + V_B = 0,$$

bundan

$$V_{4-4} = F_5 - V_B$$

bo'ladi.

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

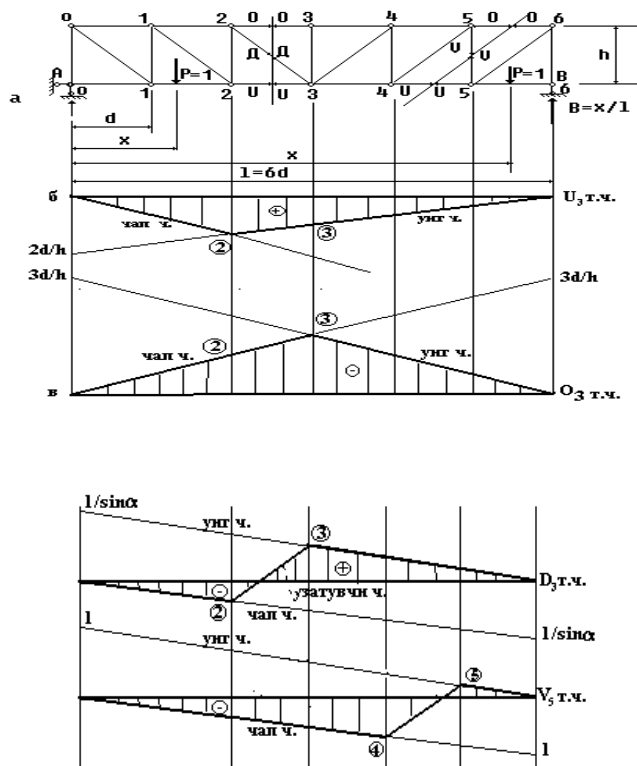
### **Ferma sterjenlaridagi zo'riqishlarni grafik usulda aniqlash.**

Fermanni 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 ferma 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:

$$\sum M_{20} = V4d + U_{2-3}^{4d} * h = 0, -3$$

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

bu yerda 
$$V = x/l.$$

Demak,  $U_{2-3}$  ning ta'sir chizig'i V tayanch reaksiyasining ta'sir chizig'i kabi bo'lib, uning ordinatalari o'zgarimas  $4d/h$  miqdorga ko'rsatilgan 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 hol uchun ham moment nuqtaga nisbatan bir tomonda (fermaning chap qismi uchun) yotgan kuchlar momentlarining yig'indisi nolga tengligi shartidan foydalanamiz, ya'ni

$$\sum M_{20} = A2d - U_{2-3}^{yh2} * h = 0,$$

bundan 
$$U_{2-3}^{yh2} = \frac{A2d}{h}, \quad (b)$$

bu yerda

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'zgarimas  $\frac{2d}{h}$  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:

$$\sum M_3 = 0; \quad -B \cdot 3d - M_{2-3}^{*c*} * h = 0,$$

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

$$\sum M_3 = A_3d = M_{2-3}^{-c} h = 0.$$

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  $-3d/h$  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  $S_1$  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  $1/r_i$  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:

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

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 szgaras 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,  $D_{2o-3}$  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'zgaras  $\frac{2d}{h}$  miqdorga Ko'paygan bo'ladi.(b) tenglama o'ng chiziq

tenglama 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:

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

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

(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

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

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

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  $O_{2o-3o}$  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:

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

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  $3d \leq X \leq 1$  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'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 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:

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

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

(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 ( $3d \leq X \leq 1$ ). Kesilgan fermaning chap qismiga qo'yilgan hamma kuchlar uchun moment nuqtasiga nisbatan  $\sum M_3=0$  muvozanat tenglamasini yozamiz

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

bundan

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

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 harakatlenganda  $O_{20-30}$  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  $S_1$  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  $1/t_1$  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 20-3 sterjendagi  $D_{20-3}$  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.  $D_{20-3}$  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:

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

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'paytirish 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 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:

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

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  $-3d'$  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 ( $3d \leq X \leq 1$ ). Kesilgan fermaning chap qismiga qo'yilgan hamma kuchlar uchun moment nuqtasiga nisbatan  $\sum M_3=0$  muvozanat tenglamasini yozamiz

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

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

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 harakatlenganda  $O_{20-30}$  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  $S_1$  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  $D_{20-3}$  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.  $D_{20-3}$  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:

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

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

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  $3d \leq X \leq 1$  oraliqda bo'ladi.  $R=1$  yuk 3 chi panel bo'yicha harakatlanayotganda,  $D_{20-3}$  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:

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

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  $-3d'$  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 ( $3d \leq X \leq 1$ ). Kesilgan fermaning chap qismiga qo'yilgan hamma kuchlar uchun moment nuqtasiga nisbatan  $\sum M_3=0$  muvozanat tenglamasini yozamiz

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

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

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 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 2-3 sterjendagi  $D_{20-3}$  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.  $D_{20-3}$  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:

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

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  $1/g \sin \alpha$  ga ko'aytirish kerak. Uning kerakli qismi  $3d \leq X \leq 1$  oraliqda bsladi. Rq1 yuk 3 chi panel bo'yicha harakatlanayotganda,  $D_{20-3}$  zo'riqish 2-3 uzatuvchi chiziq qonuni bo'yicha o'zgaradi. Bu uzutuvchi chiziqni chizish uchun kesimdag chap tomondagi 2 tugunni chap chiziqqa, 3 chi tugunni o'ng chiziqqa proleksiya lab, 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.  $V_{5-5_0}$  zo'riqishlarining moment nuqtasi cheksizlikda bo'ladi.

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

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

ya'ni  $V_{5-5_0}$  ning chap chizig'i  $V$  tayanch reaksiyasi ta'sir chizig'ining teskari ishora bilan olinganiga teng.

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

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

Demak, o'ng chiziq oddiy balka  $A$  tayanch reaksiyasining ta'sir chizig'i kabi chiziladi. Chap va o'ng chiziq'larga fermaning tegishli tugunlarini tushurib, uzatuvchi chiziqni o'tkazamiz (3.12 rasm, d). Endi 3.13 rasmda ko'rsatilgan ferma sterjenlaridagi o'riqishlarning ta'sir chiziq'larini quramiz.  $D_{1-2_0}$  zo'riqishning ta'sir chizig'ini qurish uchun fermanni I-I bo'yicha kesamiz.  $D_{1-2_0}$  zo'riqishning moment nuqtasi  $O_{1_0-2_0}$  va  $U_{1-2}$  zo'riqishlarning yo'nalishlari kesishgan  $K_{1-2_0}$  nuqtada bo'ladi (3.14 rasm, a);

a)  $R=1$  yuk kesmdan chap tomonda ( $0 \leq X \leq d$ ) 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,  $D_{1-2_0}$  zo'riqishning chap chizig'i hosil qilinadi. Uning ish qismi  $0 \leq X \leq d$  oraliqda bo'ladi;

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

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

Bu tenglamadan  $D_{1-2'}^{ynz} = -A \frac{a}{r_{1-2'}}$ . Bu ifodaga asosan,  $D_{1-2_0}$  ning o'ng chizig'i  $V$  tayanch

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

oraliqda bo'lib davomi  $K_1$  moment nuqtasi ostida chap chiziq bilan kesishadi (3.14 rasm, b). Chap va o'ng chiziq'larga fermaning tegishli tugunlarini proeksiyalab, uzatuvchi chiziqni hosil qilamiz.

$V_{5-5_0}$  ustun zo'riqishning ta'sir chizig'ini qurishni ko'ramiz. Fermanni II-II bo'yicha kesamiz.  $P=1$  kuchma yuk fermaning pastki bel bogi bo'yicha harakatlansin.  $V_{5-5_0}$  zo'riqishning moment nuqtasi  $K_2$  bo'ladi.

a)  $P=1$  yuk kesimidan chap tomonda ( $0 \leq X \leq d$ ) 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'ramiz va ularni

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

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

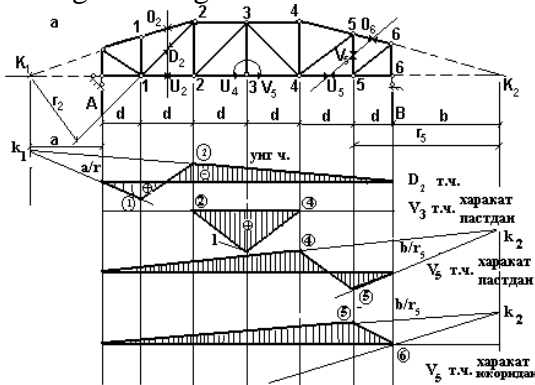
$$\sum M_{k_2} = 0, A(b + 6d) + V_{5-5''} r_{5-5'} = 0$$

bundan

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

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

chiziq'larga 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<sub>5-5o</sub> zo'riqishning ta'sir chizig'i avvalgi qurilgan ta'sir chizig'idan faqat uzatuvchi chiziqning holati bilan farq qilidi, ya'ni bu hol uchun II-II kesimdan chap va o'ng tomondagi fermaning yuqorigi tugunlarini ularga mos chap va o'ng chiziq'larga proeksiyalaymiz hamda 5-6 uzatuvchi chiziqni o'tkazamiz. Harakat yuqoridan bo'lgan hol uchun qurilgan V<sub>5-5o</sub> zo'riqishning ta'sir chizig'i 3.13-rasm, g da ko'rsatilgan. V<sub>3-3</sub> 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<sub>3-3o</sub> ni olamiz.

2-holat. R=1 yuk 3- tugun ustiga qo'yilgan holni ko'ramiz ( 3.13 rasm, b)  $\sum Y=0$ , bundan V<sub>3-3o</sub>=1. Demak, R=1 yuk 0, 1,2, 4,5,6 va yuqorigi bel bog'dagi hamma tugunlarga qo'yilganda ham V<sub>3-3o</sub> zo'riqish 0 ga teng. 3-tugunga qo'yilganda esa V<sub>3-3o</sub> =1 bo'ladi. Tugunlar ostiga V<sub>3-3o</sub> ning hisoblangan ordinatalarni qo'yib, uzatuvchi chiziq'larni birlashtiramiz. Hosil bo'lgan V<sub>3-3o</sub> 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?

**9-10-ma'ruza. Mavzu:** Shprengelli fermalarni hisoblash. Shprengelli fermalarni sterjenlaridagi zo'riqishlar ta'sir chiziqlarini qurish (4 soat)

**Reja:**

1. Shprengelli fermalarni hisoblash.

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

Tayanich 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'prikk-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 (yukoriga) qo'shimcha tugunlariga qo'yilgan yuk uning pastki (yuqorigi) asosiy tugunlariga uzatiladi.

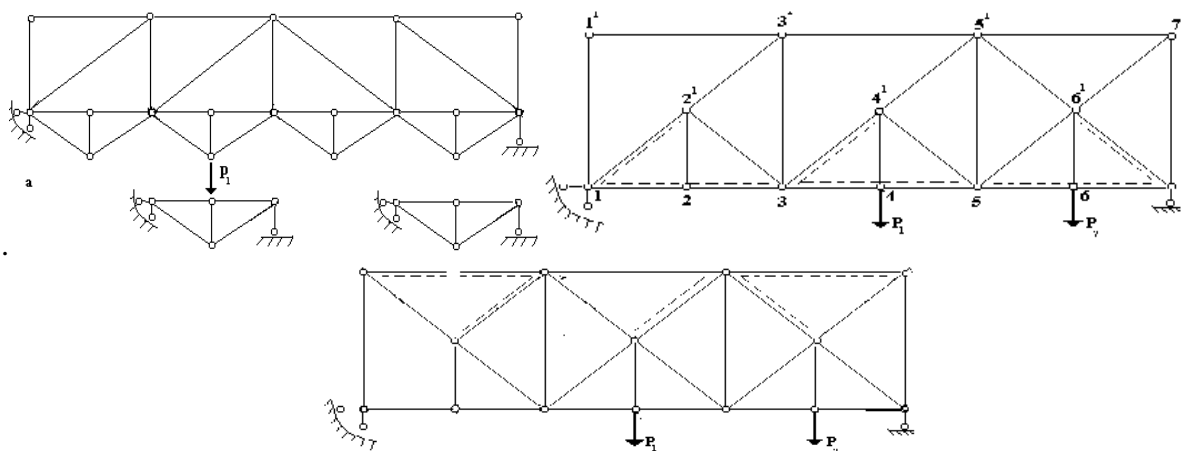
Agar shprengelning pastki (yukori) tugunlariga qo'yilgan yuk fermanın yukoridagi (pastki) asosiy tugunlariga uzatilsa, u holda bunday sxemaga ega bo'lgan fermalar ikki yarusli Shprengelli fermalar deyiladi (3.14- rasm ,g).

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 uchtasi 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 kurishdan oldin tekshirilayotgan sterjen qaysi kategoriyaga tegishli ekanligini aniqlash kerak.

Parallel belbog'li bir yarusli sh'ringelli 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  $V_{3-3'}^{ynz} = -A$  ning ta'sir chizigi 3.15-rasm, v da ko'rsatilgan.

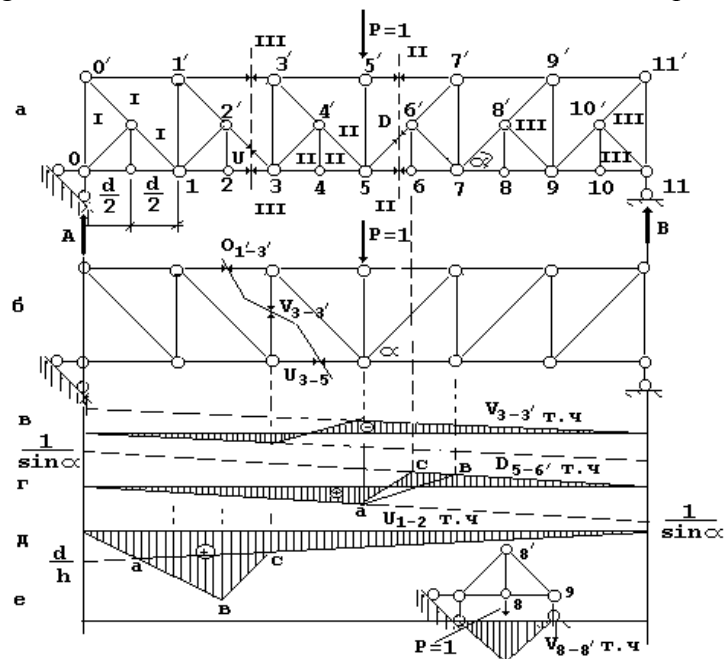
$D_{5-6'}$  zo'riqishning ta'sir chizigi. Fermaning 5-6' sterjeni III kategoriyali. II-II kesimni o'tkazib, kuchma  $P=1$  yukning undan chap va o'ng tomonlardagi harakatini tekshiramiz.  $P=1$  yuk II-II kesimdan o'ng tomonda harakatlanadi deb, fermaning chap qismi uchun muvozanat tenglamasini yozamiz:

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

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 ordinalarni 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 harakatlenganda III kategoriyali 5-6 sterjendagi  $D_{5-6'}$ .

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

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

$U_{2-3}$  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 proeksiyalaymiz va yes uzatuvchi chiziqni utkazamiz.

$U_{2-3} = U_{1-2}$  ta'sir chizigidan avs ucburchakli ham shprengelni e'tiborga oolinganligini 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:

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

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?
2. 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?
3. Uch sharnirli arka va arkasimon fermalarda tayanch reaksiyalarining vertikal tashkil etuvchilarini ta'sir chiziqlari balka reaksiyalarining ta'sir chiziqlaridan farq qiladimi?

11-ma'ruza.

**Mavzu:** Umumiy tushunchalar. Uch sharnirli sistemalarda analitik usulda eguvchi moment, ko'ndalang va bo'ylama kuchlarni aniqlash. Uch sharnirli arkalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash. (2 soat)

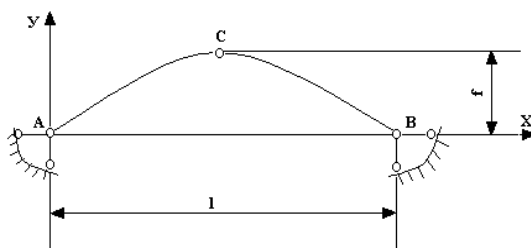
### Reja:

1. Umumiy tushunchalar.
2. Uch sharnirli sistemalarda analitik usulda eguvchi moment, ko'ndalang va bo'ylama kuchlarni aniqlash.
3. Uch sharnirli arkalarni qo'zg'almas yuklar ta'siriga hisoblash

Tayanch so'z va iboralar:

*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 normal, oddiy balka kesimining kesuvchi kuchi, urinmaning gorizontil 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'zgarimas sistema uch sharnirli arka deyiladi (4.1 -rasm). Uch sharnirli arkaga kandy vertikal kuchlar ta'sir etishidan kat'iy nazar, uning tayanchlarida doim gorizontil yunalgan keruvchi reaksiya kuchlari bo'ladi. Bu gorizontil reaksiyalar xavon deyiladi.



4.1 - shakl.

$$\sum X = 0, \quad \sum Y = 0, \quad \sum M = 0, \quad \sum M_c^{uan} = 0, \quad \text{va} \quad \sum M_c^{\bar{y}H^2} = 0 \quad 4.1$$

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

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'gri 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 ogirlik 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 tortiki 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.

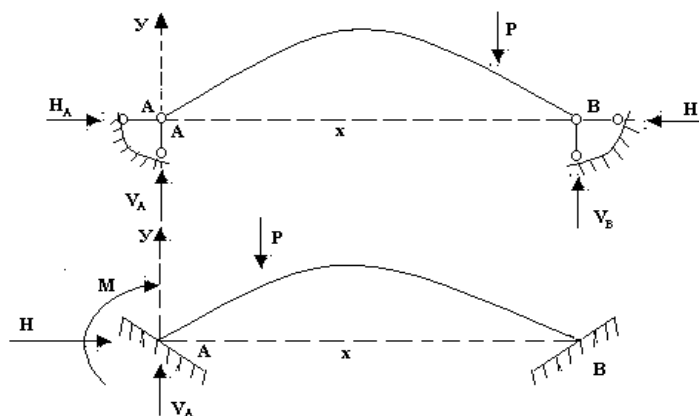
Chap tayanch reaksiyaning vertikal tashqil etuvchisi  $V_A$  ni aniqlash uchun arkaning ng tayanchi V ga nisbatan muvozanat momentlar tenglamasi yoziladi:

$$\sum M_B = 0,$$

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

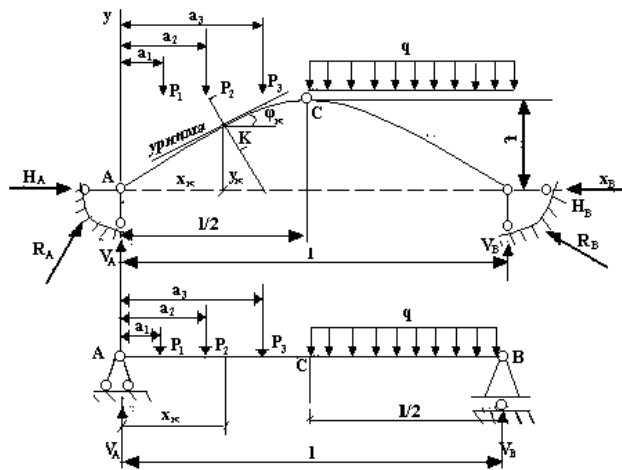
bundan

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

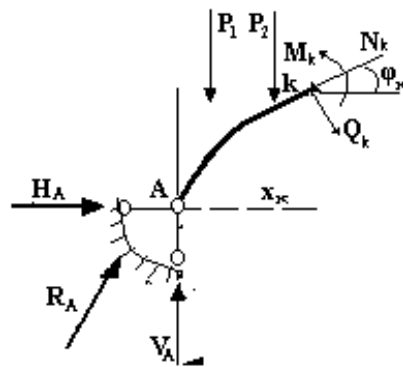


4.2-rasm.





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

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

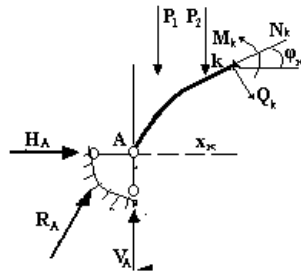
(a) va (b) ifodalardan uch sharnirli arka tayanch reaksiyalarining vertikal tashqil etuvchilari xuddi shunday prolyoti va arka kabi yuklangan oddiy balkaning tayanch reaksiyalariga teng ekanligini quramiz (4.3 -rasm, b) ya'ni:  $V_A = A_{\text{balika}}$   $V_B = B_{\text{balika}}$

Uch sharnirli arka tanyach reaksiyalarining gorizonta tashqil etuvchilari  $N_A$  va  $N_V$  rasidagi munosabtni aniqlash uchun unga ta'sir etayotgan hamma kuchlarning gorizonta 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 kuramiz (4.3 -rasm, b) ya'ni:  $V_A = A_{\text{balika}}$   $V_B = B_{\text{balika}}$

Uch sharnirli arka tanyach reaksiyalarining gorizontal tashqil etuvchilari  $N_A$  va  $N_V$  orasidagi munosabtni aniqlash uchun unga ta'sir etayotgan hamma kuchlarning gorizontal ukka 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

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

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

$$M_k = M^o_k - 'y_k. \quad (4.4)$$

Demak, arkaning  $K$  kesimidagi eguvchi moment shu arkaga tegishli bo'lgan oddiy balkaning xuddi shu mos kesimidagi eguvchi moment  $M^o_k$  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):

$$Q_k = (V_A - P_1 - P_2) \cos \varphi_k - \sin \varphi_k$$

yoki

$$Q_k = Q_k^0 \cos \varphi_k - \sin \varphi_k \quad (4.8)$$

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:

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

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:

$$M_k = N_k e_k$$

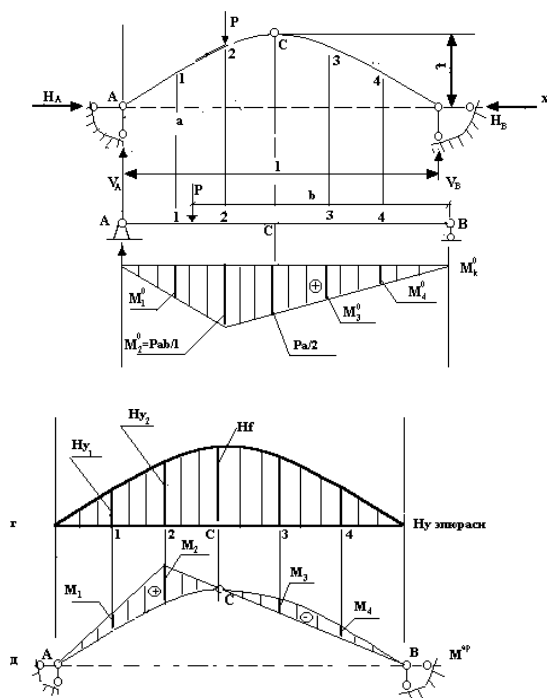
bunda  $e_k$  - bo'ylama kuchning ekstsentrisiteti.

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.

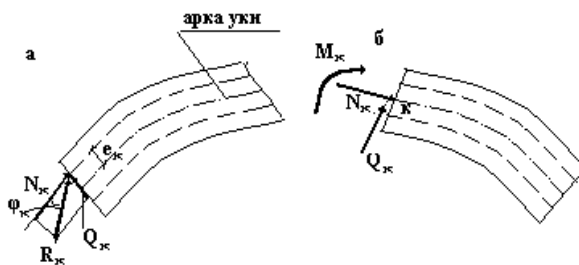
Uch sharnirli arka taralgan yuklar ta'sirida bo'lganda, uning bosim ko'pburchagi o'rniga egri chiziq hosil bo'ladi. Bu egri chiziq bosim egri chizig'i deyiladi. Bosim egri chizig'i arkaning zo'riqish holatini aniq ko'rsatib beradi va u arka o'qiga qanchalik yaqinlashsa, uning ko'ndalang kesimlaridagi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

### 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?



4.4- rasm



4.5 -rasm.

12-13-ma'ruza.

**Mavzu:** 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 (4 soat)

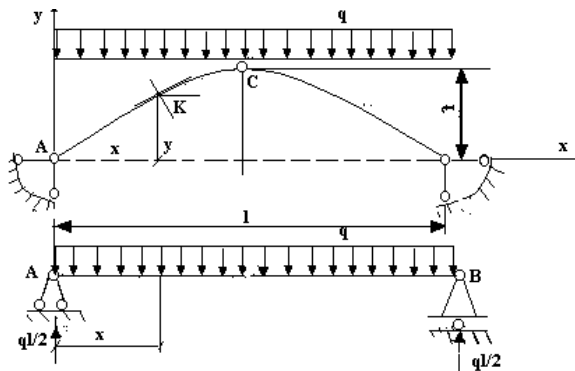
**Reja:**

1. Uch sharnirli arkalarni ichki zo'riqishlar kuchlarining ta'sir chiziqlarini chizish.
2. Ta'sir chiziqlari orqali uch sharnirli sistemalarni hisoblash
3. Uch sharnirli sistemalarda normal kuchlanishlarni yadro momentlari orqali aniqlash.
4. 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*

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:

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

(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.

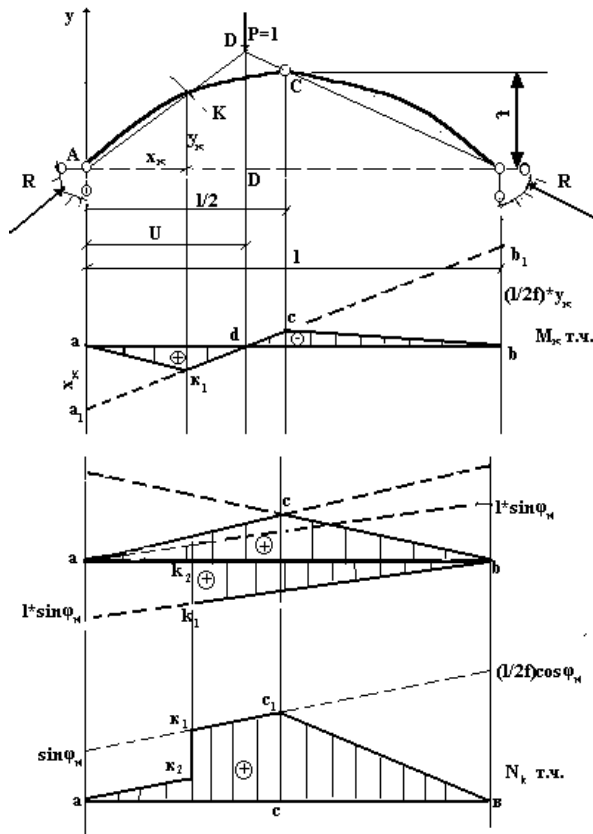
#### Uch sharnirli arkalarda ta'sir chiziqlar qurish.

Arkaning  $K$  kesimidagi  $N_k$  ning ta'sir chizig'ini nolinci 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 nolinci 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).

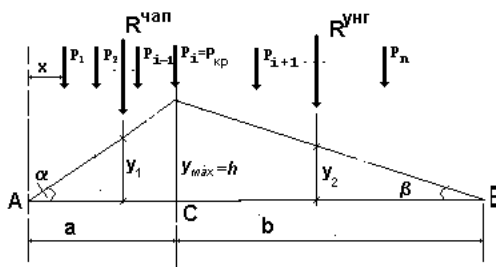
2.  $d$  nuqta orqali dab chiziq o'tkazamiz. Unda  $A$  tayanch ostidagi ordinata  $aa_1 = \sin \varphi_K$   $V$  tanyach ostidagi ordinata esa,  $bb_1 = \frac{l}{2f} \cos \varphi_K$  bo'ladi. Bu chiziqning  $K_1S_1$  qismi  $P=1$  yuk  $K$  kesim bilan  $C$  sharnir orasida harakatlanganda  $N_k$  ning 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  $K_1K_2$



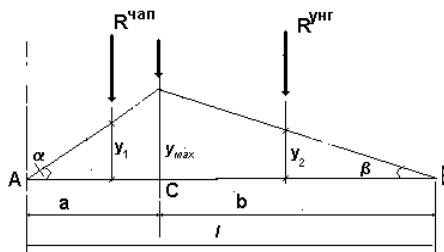
4.10 -rasm.

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  $R^{\text{chap}} = \sum'_{\text{chap}}$  deb, VS oralig'idagi kuchlarning teng ta'sir etuvchisini  $R^{\text{ong}}$  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:

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

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

$$\begin{aligned} \frac{R^{o'ng}}{a} - \frac{R^{yuz} + P_{kp}}{b} < 0 & \quad \text{yoki} \quad \frac{R^{o'ng}}{a} < \frac{R^{yuz} + P_{kp}}{b} \\ \frac{R^{o'ng} + P_{kp}}{a} + \frac{R^{yuz}}{b} < 0 & \quad \text{yoki} \quad \frac{R^{o'ng} + P_{kp}}{a} > \frac{R^{yuz}}{b} \end{aligned} \quad (2.18)$$

(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.

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

### Mustaqil ishlash va nazorat savollari :

1. Uch sharnirli arka keruvchi reaksiyasini ta'sir chizig'ini qurishni tushintiring?
2. Uch sharnirli arka tayanch reaksiyalarining vertikal tashkil etuvchilari ta'sir chiziqlari balka reaksiyalari ta'sir chiziqlaridan qanday farq qiladi?
3. Uch sharnirli arka (rama) kesimlaridagi ichki zo'riqishlarining ta'sir chiziqlarini ustma-ust qo'shish usulida qanday quriladi?
4. Arka ichki zo'riqishlari ta'sir chiziqlarida nechta to'g'ri chizikli bo'laklar bo'ladi?
5. qaysi ta'sir chiziqlar balka uchun zo'riqishlarning ta'sir chiziqlari deyiladi?
6. Uch sharnirli arka (rama)larda qaysi nuqtalar zo'riqishlarning nol nuqtalari deyiladi?
7. Zo'riqishlarning ta'sir chiziqlari nol nuqtasi usulida qanday quriladi?
8. Turli doimiy yuklanishlardan ta'sir chiziqlari yordamida zo'riqishlar qanday hisoblanadi?
9. Ta'sir chiziqlari yordamida zo'riqishlarni hisoblashda ishoralar qanday olinadi?
10. Arka (rama) kesimlari uchun geometrik qiymatlar qanday aniqlanadi?

14-ma'ruza.

**Mavzu:** Uch sharnirli arkasimon fermalarni hisoblash (2 soat)

### Reja:

1. Uch sharnirli arkasimon fermalarni hisoblash

Egri brus shakliga ega bo'lgan hovonli sistema arka deyiladi. O'zaro bitta va tayanch sharnirlari bilan asosga bog'langan ikki yarim arka (yarim rama)dan iborat statik aniq hovonli sistema uch sharnirli arka (rama)lar bo'ladi. Arkalar tayanch bog'lanishlarida, balkalar tayanch bog'lanishlaridan farqli, gorizontal reaksiyalar hosil bo'ladi. Tayanch reaksiyalarining gorizontal tashkil etuvchilari hovon reaksiya deyiladi va  $N$  harfi bilan belgilanadi. Bu paragrafda tayanchlari bir gorizontalda yotgan uch sharnirli arkalar qaraladi.

Agar  $X$  o'qini o'ngga,  $U$  o'qini yuqoriga yo'naltirsak, koordinatalar boshini chap tayanch  $A$  nuqtasi bilan ustma-ust joylashtirsak, arka o'qiga urinmaning og'ish burchagi  $\varphi$  va trigonometrik funksiyalar  $\sin \varphi$ ,  $\cos \varphi$  bo'lsa, u holda arka o'qining tenglamasini quyidagi formulalar bo'yicha hisoblash mumkin (4.3.1,a-rasm):

- 1) arka o'qi – kvadrat parabola:

$$\left. \begin{aligned} y &= \frac{4f(lx - x^2)}{l^2}; & \operatorname{tg} \varphi &= y' = \frac{4f(l - 2x)}{l^2}; \\ \cos \varphi &= \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}}; & \sin \varphi &= \cos \varphi \cdot \operatorname{tg} \varphi; \end{aligned} \right\} \quad (4.1)$$

2) arka o'qi - aylana:

$$\left. \begin{aligned} y &= \sqrt{R^2 - \left(\frac{l}{2} - x\right)^2} - R + f; & R &= \frac{f}{2} + \frac{l^2}{8 \cdot f}; \\ \sin \varphi &= \frac{l - 2 \cdot x}{2R}; & \cos \varphi &= \frac{y + R - f}{R}, \end{aligned} \right\} \quad (4.2)$$

bu yerda  $l$  - arka tayanchlari oralig'i;  $f$  - tayanch sharnirlarni tutashtiruvchi to'g'ri chiziqdan  $S$  qulf sharnirigacha bo'lgan masofa arkaning ko'tarilish balandligi.  $R$  - aylana radiusi.

Qayd qilamizki, uch sharnirli arkalarda, ramalarda va arkasimon fermalarda  $V_A$  va  $V_B$  reaksiyalarining vertikal tashkil etuvchilarining ta'sir chiziqlari balkadagi  $R_A$  va  $R_B$  ta'sir chiziqlari bilan mos keladi, chunki bir xil analitik ifodalarga ega.

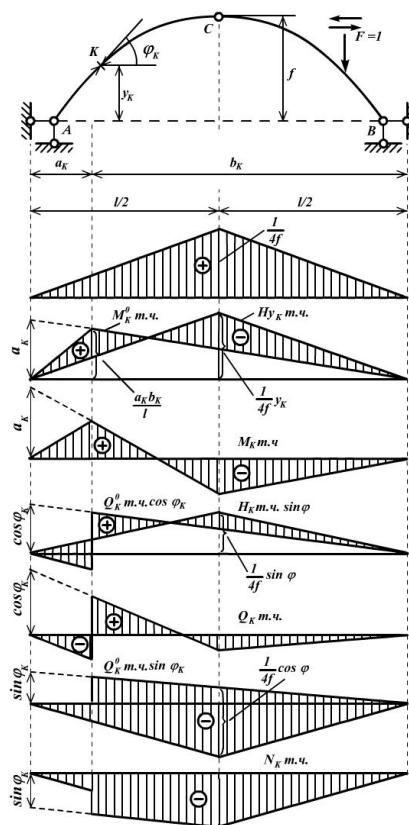
Statik usulda uch sharnirli arka va ramalarda zo'riqishlarning ta'sir chiziqlari, ularning ichki zo'riqishlarini tashqi yuklar ta'siridan aniqlash formulalariga asosan quriladi:

$$H \text{ m.u.} = M_c^0 \text{ m.u.} / f, \quad M_k \text{ m.u.} = M_k^0 \text{ m.u.} - H \cdot Y_k \text{ m.u.}; \quad (4.3)$$

$$Q_k \text{ m.u.} = Q_k^0 \cos \varphi_k \text{ m.u.} - H \cdot \sin \varphi_k \text{ m.u.}; \quad (4.4)$$

$$N_k \text{ m.u.} = - (Q_k^0 \sin \varphi_k \text{ m.u.} + H \cdot \cos \varphi_k \text{ m.u.}), \quad (4.5)$$

bu yerda  $M_k^0$  t.ch. va  $Q_k^0$  t.ch. - arka tayanchlari oralig'iga teng oddiy balka  $K$  kesimidagi eguvchi moment va kesuvchi kuchlarning ta'sir chiziqlari.



4.3.1-rasm



(4.3) formulalarning birinchisidan  $N$  t.ch. shakli oddiy balka  $S$  kesimi uchun eguvchi momentning ta'sir chizig'i kabi, faqat uning ordinatalarini  $f$  ga bo'lish kerakligi kelib chiqadi (4.3.1, b-rasm).

$M_k$  t.ch. (4.3) formulalarning ikkinchisida aniqlanadi, undan  $M_k$  t.ch. qurish uchun  $K$  kesimi uchun balka ta'sir chizig'idan (4.2-jadval 3-v qar.) hamma ordinatalari doimiy ko'paytiruvchi  $u_k$  ga ko'paytirilgan  $N$  t.ch. ni (4.3.1, b-rasmga qarang) ayirish kerakligi kelib chiqadi. Bu ta'sir chiziqlarini ustma-ust qo'yib izlanuvchi  $M_k$  t.ch. yoki uni 4.3.1, g- rasmda ko'rsatilgandek to'g'rilangan shaklda olamiz.

Xuddi shunday tartibda, (4.4) va (4.5) formulalari bo'yicha  $Q_K$  t.ch. va  $N_k$  t.ch. quriladi (4.3.1, d...z-rasm). Arkalar uchun bu ta'sir chiziqlarini qurish qurilish mexanikasi bo'yicha barcha darsliklarda batafsil qaralgan.

**4.12 - misol.** 4.3.2, a-rasmدا keltirilgan rama belgilangan kesimlaridagi zo'riqishlarning ta'sir chiziqlari analitik usulda qurilsin.  $F=1$  yukining harakati punktir bilan ko'rsatilgan.

(4.3) formulaga ko'ra tortqichdagi zo'riqishning ta'sir chizig'i tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:  $N_t$  t.ch. =  $M_D^0$  t.ch./ $f$ . CHunki bu misolda  $f=Y_k=3$  m,  $D$  sharniri ostidagi

$N_t$  t.ch. ordinatasi balandligi quyidagicha bo'ladi:  $N_t = \frac{M_D^0}{Y_k} = \frac{6 \cdot 2}{8 \cdot 3} = 0,5$ .  $N_t$  t.ch. 4.3.2 b-rasmدا tasvirlangan.

$M_k$  t.ch. ni (4.3) formulalarning ikkinchisidan quramiz:  $M_k$  t.ch. =  $M_k^0$  t.ch. -  $N \cdot Y_k$  t.ch. =  $M_k^0$  t.ch. -  $N \cdot 3$  t.ch. 4.3.2 v-rasmدا bitta asos to'g'ri chizig'iga  $K$  kesim ostidagi  $M_k^0 = ab/l$  =  $4 \cdot 4/8 = 2$  ordinatasi bilan  $M_k^0$  t.ch. ni va  $N_t \cdot 3$  t.ch. ni quramiz.

SHu ikki ta'sir chiziqlari orasidagi shakl (shtrixlangan), izlangan  $M_k$  t.ch. bo'ladi. 4.3.2 g-rasmدا uning to'g'rilangan shakli keltirilgan.

(4.4) formula bo'yicha  $Q_K$  t.ch. quramiz:  $Q_K$  t.ch. =  $Q_k^0 \cos \varphi_k$  t.ch. -  $N \cdot \sin \varphi_k$  t.ch.  $\varphi_k = 0^0$  sababli,  $\cos 0^0 = 1$  va  $\sin 0^0 = 0$ ,  $Q_K$  t.ch. =  $Q_k^0$  t.ch. (4.3.2 d-rasm).

$M_N$  t.ch. qurish uchun ramani I-I kesimi bilan qirqib ikki qismga ajratamiz va o'ng qismini tashlab yuboramiz. Qolgan chap qismining muvozanat shartidan  $M_N$  eguvchi momentning o'zgarish qonuniyatini topamiz:  $M_N = V_A \cdot 2$ . Olingan ifodadan ko'rinadiki,  $M_N$  t.ch. ordinatasi ikki marta kattalashtirilgan  $V_A$  vertikal tayanch reaksiyasining qonuniyati bo'yicha o'zgaradi (4.3.2, e-rasm).

$F=1$  yukining ikkinchi darajali EGC ramaning EG bo'lagidagi harakatidan barcha ta'sir chiziqlari, ko'p oraliqli sharnir konsolli balkalar uchun bajarilgani kabi oxirigacha yetkaziladi.

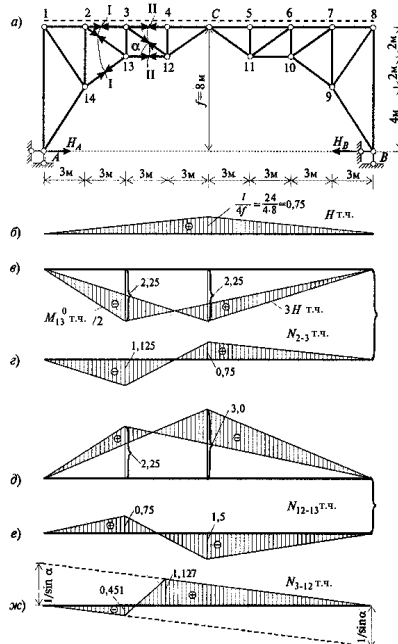
**4.13 - misol.** Arkasimon ferma 2-3, 12-13 va 3-12 sterjenlaridagi zo'riqishlarning ta'sir chiziqlari analitik usulda qurilsin (4.3.3, a- rasm).

Hovonli arkasimon ferma sterjenlaridagi zo'riqishlarning ta'sir chiziqlarini qurishda balkasimon fermalar zo'riqishlarini ta'sir chiziqlarini qurishdagi qoida va usullar qo'llaniladi; hisobga olish lozimki, momentlar tenglamasini tuzishda gorizonta tayanch reaksiyasi (hovonni) ta'sirini hisobga olish kerak. 4.3.3, b-rasmدا keltirilgan  $N$  hovonning yordamchi chizig'i  $S$  sharniri ostidagi  $N_S = 1/(4f) = 24/(4 \cdot 8) = 0,75$  ga teng eng katta ordinata bilan (4.3) tenglamasi yordamida aniqlanadi.

$N_{2-3}$  zo'riqishning ta'sir chizig'i. Uchta sterjen orqali I-I kesimini o'tkazamiz va ikki holni qaraymiz.

1.  $F=1$  yuki kesilgan 2-3 panelidan o'ngroqda. O'ng qismini tashlab yuboramiz. 13-moment nuqtasiga nisbatan chap qismi uchun muvozanat tenglamasini yozamiz:

$$\sum M_{13}^{yan} = V_A \cdot 6 - H \cdot 6 + N_{2-3} \cdot 2 = 0; V_A \cdot 6 = M_{13}^0 \text{ sababli, } M_{2-3} = -M_{13}^0 / 2 + 3H.$$



#### 4.3.3.-расм

2.  $F = 1$  yuki kesilgan 2-3 panelidan chaproqda. CHap qismini tashlab yuboramiz. O'ng qismi uchun muvozanat tenglamasini 13-moment nuqtasiga nisbatan yozamiz:

$$\sum M_{13}^{yH^2} = -V_B \cdot 18 + H \cdot 6 - N_{2-3} \cdot 2 = 0; \quad V_B \cdot 18 = M_{13}^0 \text{ sababli, } N_{2-3} = M_{13}^0 / 2 + 3H.$$

4.3.3, v-rasmda, asos chizig'ining bir tomoniga (pastda) 13-moment nuqtasi ostida ordinatasi  $(ab/l)/2 = (6 \cdot 18 / 24) / 2 = 2,25$  ga teng bo'lgan  $M_{13}^0 / 2$  t.ch. va  $N_{2-3}$  t.ch. qurilgan. Bu rasmdagi shtrixlangan shakl izlangan  $N_{2-3}$  t.ch. bo'ladi. U to'g'rilangan ko'rinishda 4.3.3 g-rasmda keltirilgan.

$N_{12-13}$  z o'riqishning ta'sir chizig'i. Fermani II-II kesim bilan ikki qismga bo'lamiz va ikki holatni qaraymiz:

1.  $F = 1$  yuki qirg'ilgan 3-4 paneldan o'ngda harakatlanadi:

$$\sum M_3^{yan} = -V_A \cdot 6 - H \cdot 8 - N_{12-13} \cdot 2 = 0; \quad V_A \cdot 6 = M_3^0 \text{ sababli } N_{2-3} = M_3^0 / 2 - H \cdot 4.$$

1.  $F = 1$  yuki qirg'ilgan 3-4 paneldan chapda harakatlanadi:

$$\sum M_3^{yH^2} = -V_B \cdot 18 - H \cdot 8 + N_{12-13} = 0; \quad V_B \cdot 18 = M_3^0 \text{ sababli } N_{12-13} = M_3^0 / 2 - H \cdot 4.$$

Ordinalari 2 koefitsientiga bo'lingan balka  $M_3^0$  t.ch. dan ordinalari 4 marta kattalashtirilgan  $N$  t.ch. ni ayirib, izlanuvchi  $N_{12-13}$  t.ch. ni olamiz (4.3.3 d, ye-rasmlar).

$N_{3-12}$  z o'riqishning ta'sir chizig'i. 3-12 sterjeni uchun (II-II kesimi) moment nuqtasi cheksizlikda joylashganligi, fermaning hovoni esa  $N_{3-12}$  t.ch. ga ta'sir qilmasligi sababli, uning ta'sir chizig'ini qurish uchun 198-199 betda bayon qilingan qoidalardan foydalanamiz.

CHap tayanch vertikaliga  $1/\sin \alpha$  ( $\sin \alpha = 2/\sqrt{13}$ ) musbat ordinatasini qo'yib va uni o'ng tayanch nol ordinatasi bilan tutashtirib,  $N_{3-12}$  t.ch. o'ng tarmog'ini olamiz. CHap tayanchdagi nol orqali o'ng tarmoqqa parallel chap tarmoqni o'tkazamiz. Nihoyat, 3-4 kesilgan panel chegarasida uzatish chizig'ini o'tkazib, izlanayotgan  $N_{3-12}$  t.ch. olamiz (4.3.3,j-rasm).

4.3.1- rasmlarda tasvirlangan  $M_k$  t.ch.,  $Q_k$  t.ch. va  $N_k$  t.ch. ancha osonroq-nol nuqtasi usulida ham ixtiyoriy masshtabda olish mumkin. 4.3.1,g, ye, z-rasmlarida ko'rinib turganidek, bu ta'sir chiziqlarining har biri uchtadan to'g'ri chiziqlardan iborat.  $K$  nuqtasidan tushirilgan vertikal dan  $A$  tayanchgacha cho'zilgan to'g'ri chiziq va qulf sharnir  $S$  dan tushirilgan vertikal dan  $V$  tayanchgacha o'tkazilgan o'ng tarmoq asos chizig'ini  $A$  va  $V$  tayanchlari ostida kesib o'tadi (nol nuqtalar). Ta'sir chiziqlarini to'la qurish uchun o'rta to'g'ri chiziqni yoki uning davomini asos chizig'i bilan kesishish nuqtasini topish zarur (yana bir nol nuqta).

Nol nuqtalarini topish va uch sharnirli arka barcha zo'riqishlari uchun ta'sir chiziqlarini qurish qurilish mexanikasi bo'yicha hamma darsliklarda batafsil bayon

etilgan. Agar nol nuqtasi  $KS$  bo'ldan tashqarida joylashgan bo'lsa, bu holda u *soxta nol nuqtasi* deyiladi.

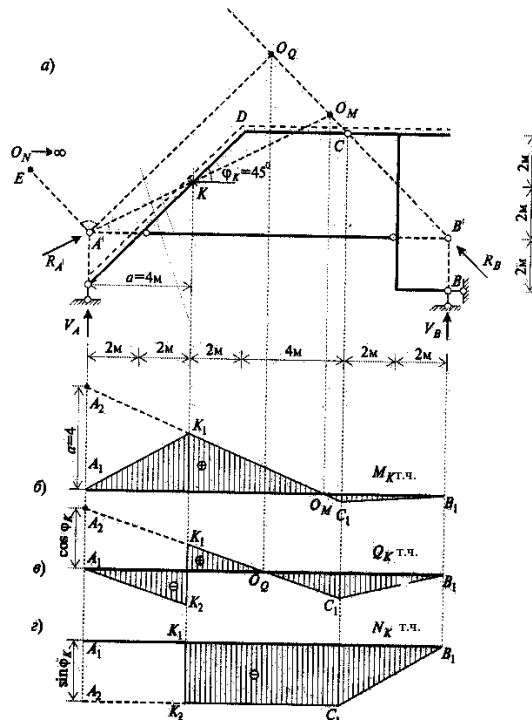
Uch sharnirli ramalar misolida bu nuqtalarni qanday topishni va ular yordamida ta'sir chiziqlarni qurishni ko'rsatamiz.

**4.14 - misol.** Tortqili uch sharnirli arka  $K$  kesimi uchun  $M_k$  t.ch.,  $Q_k$  t.ch.,  $N_k$  t.ch. nol nuqtasi usulida qurilsin (4.3.40, a-rasm).

Uch sharnirli arkalaridagidek, ko'tarilgan tortqili ramalarda ham avvalo tortqi va  $A$  va  $V$  nuqtalar orqali o'tgan vertikalarni kesishgan nuqtalarida joylashgan  $A'$  va  $B'$  tayanch nuqtalarining yangi soxta holatlarini bilish kerak.

Aytaylik,  $F = 1$  yuki  $KDC$  bo'lak chegarasida harakatlanadi. Unda,  $S$  sharnirdagi moment nolga teng bo'lishi uchun o'ng tayanch  $R_{B'}$  reaksiyasi ( $V_B$  va  $N$  reaksiyalarining vektor yig'indisi) harakat chizig'i albatta  $S$  nuqtasi orqali o'tishi kerak.  $K$  kesimidan chapda faqat  $R_{A'}$  chap reaksiyasi ( $V_B$  va  $N$  reaksiyalarining vektor yig'indisi) ta'sir qiladi. Bu reaksiyaning yo'nalishi  $F = 1$  kuchining  $KDC$  bo'lagida joylashishiga bog'liq bo'ladi. So'ngra uchta kuch ostidagi sistemalarning muvozanati haqidagi teorema asoslanib (agar yassi sistema uchta bir-biriga parallel bo'lmagan  $F = 1$ ,  $R_{A'}$  va  $R_{B'}$  kuchlari ta'siri ostida muvozanatda bo'lsa, unda bu kuchlarning ta'sir chiziqlari bir nuqtada kesishishi kerak) izlanuvchi ta'sir chizig'ining nol nuqtasi topiladi.

$M_k$  ta'sir chizig'i (4.3.4 a, b-rasmlar). Moment  $K$  kesimida nolga teng bo'lishi uchun, chap  $R_{A'}$  reaksiyasining ta'sir to'g'ri chizig'i  $K$  nuqta orqali o'tishi kerak (bu holda  $R_{A'}$  kuchining yelkasi nolga teng).  $A'$  va  $K$  nuqtalarni to'g'ri chiziqlar bilan tutashtirib va uni  $B'C$  chizig'igacha davom ettirib ularning kesishishidan  $O_M$  nuqtani olamiz, uning asos chizig'iga proeksiyasi  $M_k$  t.ch. uchun nolli nuqta bo'ladi, chunki  $F = 1$  kuchining  $O_M$  nuqtada joylashishidan izlanuvchi ta'sir chizig'ining ordinatasi bu nuqta ostida nolga teng bo'ladi.  $M_k$  t.ch. qurish uchun avvalo vertikal bo'yicha  $O_M$  nol nuqtani asos chizig'iga tushiramiz va chap tayanch vertikaliga chap tayanchdan  $K$  kesimigacha masofaga teng bo'lgan  $A_1A_2$  bo'lakni ma'lum masshtabda qo'yamiz. So'ngra  $A_2$  nuqtadan  $O_m$  nol nuqtasi orqali,  $K$  va  $S$  nuqtalardan o'tkazilgan o'rta chiziqni vertikaligacha davom ettiramiz. Olingan  $K_1$  va  $S_1$  nuqtalarni, tayanch vertikalida joylashgan  $A_1$  va  $V_1$  nol nuqtalari bilan tutashtiramiz (4.3.4, b-rasm).



4.3.4-rasm

$Q_K$  ta'sir chizig'i (4.3.4 a, v-rasmlar).  $O_Q$  nol nuqtasini topish uchun  $F=1$  kuchini shunday joylashtirish kerakki, ko'ndalang kuch  $K$  kesimida nolga aylansin. Agar chap reaksiya  $R_{A'}$  yo'nalishi qiyshiq sterjen  $AD$  ga parallel bo'lsa, bunga erishish mumkin.  $A'$  nuqtadan  $AD$  sterjenga parallel bo'lgan  $B'C$  to'g'ri chizig'igacha to'g'ri chiziq o'tkazamiz. Kesishishdan olingan  $O_Q$  nuqtaning proektsiyasi, izlanuvchi nol nuqta bo'ladi.  $Q_K$  t.ch. qurish uchun chap tayanch vertikaliga  $\cos \varphi_k$  ( $\cos \varphi_k = \cos 45^\circ = \sqrt{2}/2$ ) ga teng bo'lgan  $A_1 A_2$  bo'lakni qo'yamiz va uning oxiridan  $O_Q$  nol nuqtasi orqali  $K$  va  $S$  nuqtalari orqali o'tkazilgan vertikaligacha o'rta chiziqni o'tkazamiz. Ularning kesishishidan  $K_1$  va  $S_1$  nuqtalarni olamiz.  $S_1$  nuqtani  $V$  tayanch ostidagi nol nuqtasi bilan tutashtiramiz,  $A$  tayanchi ostidagi nol nuqtasidan esa  $K$  nuqtasi orqali o'tgan vertikaligacha  $A_2 K_1$  ga parallel  $A_1 K_2$  chizig'ini o'tkazamiz.  $K_1$  va  $K_2$  nuqtalarni tutashtirib, yakuniy  $Q_K$  t.ch. olamiz (4.3.4, v-rasm).

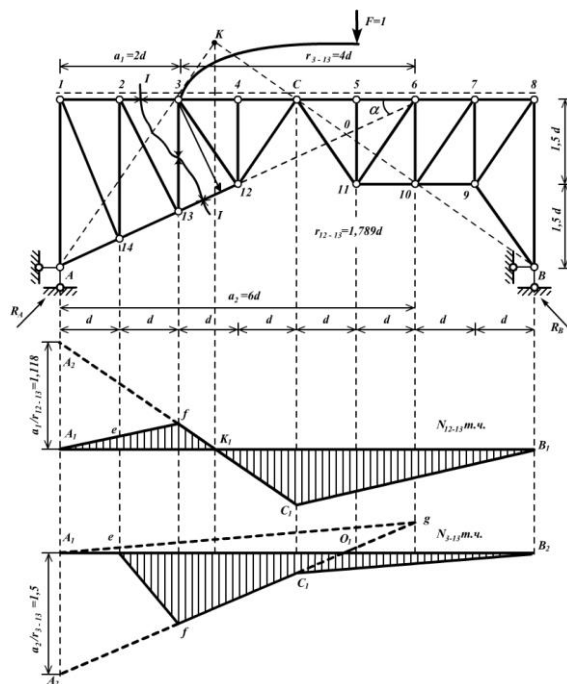
$N_k$  ta'sir chizig'i (4.3.4, a, g-rasm).  $O_N$  nol nuqtasini aniqlash uchun  $F=1$  kuchini shunday holatda qo'yish kerakki,  $K$  kesimidagi bo'ylama kuch nolga teng bo'lsin. Agar chap  $R_{A'}$  reaksiyasi  $AD$  sterjenga perpendikulyar qilib yo'naltirilsa, bu shart bajariladi.  $A'$  nuqtadan  $AD$  sterjeniga perpendikulyar qilib,  $B'C$  to'g'ri chizig'i davomigacha to'g'ri chiziq o'tkazamiz. Umumiy holda bu to'g'ri chiziqlar  $O_N$  nuqtasida kesishishi kerak, uning asos chizig'iga proektsiyasi  $N_k$  t.ch. uchun nol nuqtasi bo'ladi. Biroq, bu misolda rama o'lchamlari shundayki,  $B'C$  va  $A'E$  chiziqlari parallel bo'ladi. Bundan, nol nuqtasini cheksizlikda bo'lishi,  $N_k$  t.ch.ning o'rta chizig'i esa asos chizig'iga parallel bo'lishi kelib chiqadi.

$N_k$  t.ch.ni qurish quyidagi tartibda bajariladi. CHap tayanch vertikalida pastga  $\sin \varphi_k$  ( $\sin \varphi_k = \sin 45^\circ = \sqrt{2}/2$ ) qiymatini qo'yamiz.  $A_2$  nuqtasi orqali,  $K_2$  va  $S_1$  nuqtalarining vertikaligacha, gorizontal o'rta chiziqni o'tkazamiz.  $S_1$  nuqtani  $V$  tayanch ostidagi nol nuqta bilan tutashtiramiz,  $A$  tayanch ostidagi nol nuqtadan esa  $K$  nuqta orqali o'tuvchi vertikaligacha  $A_2 K_2$  ga parallel  $A_1 K_1$  chizig'ini o'tkazamiz.  $K_1$  va  $K_2$  nuqtalarni vertikal chiziq bilan tutashtirib, izlanuvchi yakuniy  $N_k$  t.ch. olamiz (4.3.4, g-rasm).

Aytish lozimki, barcha yuqorida keltirilgan ta'sir chiziqlarini qurishdagi mulohazalar, nol nuqtasi hamda  $F=1$  kuchi  $KDC$  bo'lagi chegarasida joylashgan sharoitda adolatlidir. Aks holda, ko'rsatilgan bo'lak chegarasidan tashqarisida joylashgan nol nuqtani aniqlash uchun  $KDC$  bo'lakning hohlagan nuqtasida bikir konsol biriktirilgan va unga  $F=1$  kuchi qo'yilgan deb tasavvur qilish kerak. SHunday qilib, olingan nol nuqtasini *soxta* deb ataymiz. Berilgan misoldagi  $O_N$  nuqtasi *soxta* nuqta deyiladi.

**4.15-misol.** 4.3.5, a-rasmda tasvirlangan, hovonli ferma 12-13 va 3-13 sterjenlaridagi zo'riqishlarning ta'sir chiziqlari, nol nuqtasi usulida qurilsin.

$N_{12-13}$  zo'riqishning ta'sir chizig'i (4.3.5, a, b-rasm). Uchta sterjen orqali 1-1 kesim o'tkazamiz. 12-13 sterjeni uchun moment nuqtasi 3-tugun bilan mos tushadi. Aytaylik,  $F=1$  kuchi 3-tugun va  $S$  sharniri oralig'idagi bo'lakda harakatlansin.  $S$  sharnirida moment nolga teng bo'lishi uchun,  $R_B$  to'liq tayanch reaksiyasining ta'sir chizig'i  $VS$  chizig'i bo'yicha yo'nalgan bo'lishi kerak. So'ngra,  $F=1$  kuchining shunday holatini topamizki, unda  $N_{12-13}=0$  ga teng bo'ladi. Agar  $R_A$  to'liq tayanch reaksiyasining ta'sir to'g'ri chizig'i 3-moment nuqtasi orqali o'tsa, ferma chap qismi muvozanatidan bu shart bajarilishi mumkin.



4.3.5-rasm

$F=1$  kuchining izlangan holatini  $K$  nuqtada  $A-3$  va  $VS$  to'g'ri chiziqlarning kesishishidan topamiz, bu nuqtaning asos to'g'ri chizig'iga proektsiyasi  $N_{12-13}$  t.ch. uchun nol nuqta  $K_1$  ni beradi (4.3.5, b-rasm).

CHap tayanchidagi ta'sir chizig'ining ordinatalarini aniqlash uchun 198-199 betda bayon qilingan qoidalardan foydalanamiz. Ferma chap qismiga o'yilgan musbat kuchlarning momenti  $N_{12-13}^{qan} \cdot r_{12-13}$  soat mili harakati yo'nalishiga teskari yo'nalganligi sababli,  $A$  tayanch ostidan yuqoriga  $A_1 A_2 = a_1 / r_{12-13} = 2d / 1,789d = 1,118$  bo'lagini qo'yamiz va  $A_2$  nuqtadan  $K_1$  nol orqali  $A_2 K_1$  o'rta chizig'ini, 3-moment nuqtasi va  $S$  sharniri orqali o'tkazilgan vertikalargacha o'tkazamiz. Olingan  $f$  va  $C_1$  nuqtalarni tayanch vertikkallarida joylashgan  $A_1$  va  $V_1$  nol nuqtalari bilan tutashtiramiz.  $A_1 f$  chap to'g'ri chizig'iga 2-tugunni tushiramiz ( $e$  nuqta), o'rta to'g'ri chiziqqa esa 3- tugunni ( $f$  nuqta). ye va  $f$  nuqtalarni uzatish chizig'i bilan tutashtirib, yakuniy  $N_{12-13}$  t.ch. ni olamiz (4.3.5, b-rasm).

$N_{3-13}$  zo'riqishning ta'sir chizig'i (4.3.5, a, v-rasm).  $N_{3-13}$  t.ch. uchun 1-1 kesimining o'zi qoladi. Qir qilgan panel bo'lib, xuddi yuqoridagidek, 2-3 paneli hisoblanadi. 3-13 sterjeni uchun moment nuqtasi 6- tugun bilan mos keladi.

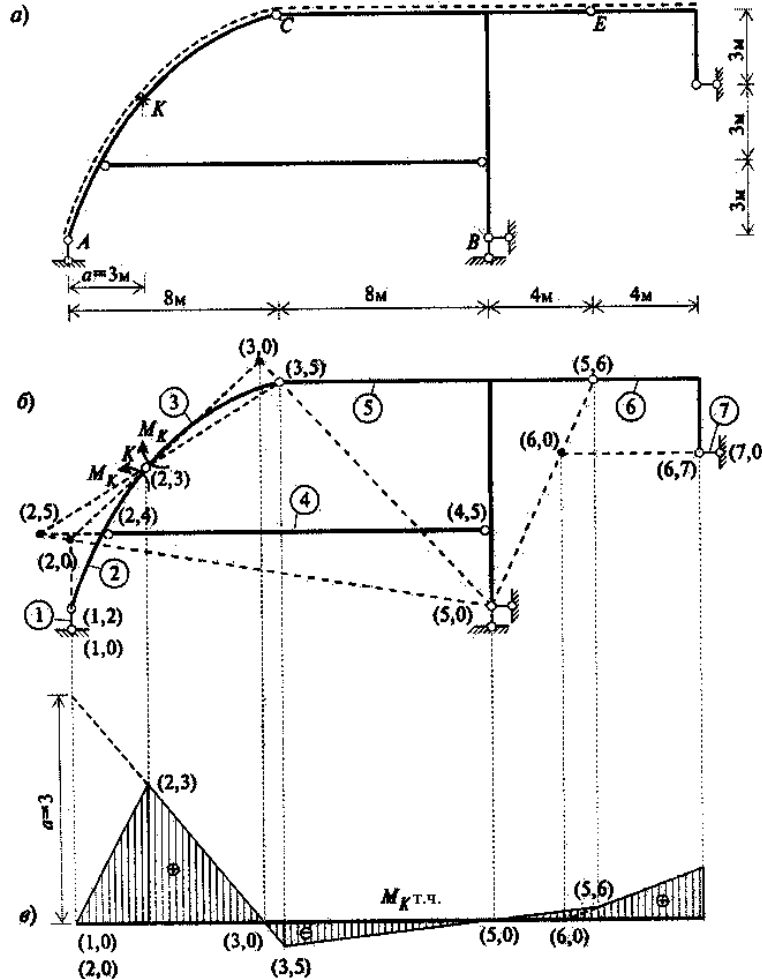
Aytaylik,  $F = 1$  kuchi 3-tugundan  $S$  sharnirigacha harakatlansin.  $N_{12-13}$  t.ch. qurishdagi mulohazalarni qo'llab,  $A-6$  va  $VS$  chiziqlarning kesishishidan olingan  $O$  nuqta ostida joylashgan vertikalda, soxta  $O_1$  nolli nuqtani topamiz.

$F = 1$  kuchini 3- $S$  bo'lakka tegishliligi haqidagi shartni bajarish uchun, bu bo'lakka bikir konsol kiritib sun'iy ravishda uzaytiramiz va bu konsol  $O$  nuqtasi ustiga  $F = 1$  kuchini qo'yamiz (4.3.5, a-rasm). Ferma chap qismiga qo'yilgan musbat kuchlarning momenti  $N_{3-13}^{qan} \cdot r_{3-13}$  soat mili harakati bo'yicha yo'nalganligi sababli,  $A$  chap tayanch ostiga  $A_1 A_2 = a_2 / r_{3-13} = 6d / 4d = 1,5$  ga teng manfiy ordinatani pastga qo'yamiz.  $A_2$  nuqtadan  $O_1$  nol nuqtasi orqali, 3-tugundan  $S$  sharnirigacha adolatli bo'lgan, o'rta  $A_2 O_1$  to'g'ri chizig'ini o'tkazamiz. Bu to'g'ri chiziq davomiga moment nuqtasi (6-tugun)ni tushiramiz va olingan  $g$  nuqtasini  $A$  tayanch ostidagi  $A_1$  nol nuqtasi bilan tutashtiramiz (chap to'g'ri chiziq). Birinchi ta'sir chizig'idagi kabi, chap va o'rta to'g'ri chiziqlari, mos holda  $f$  va  $g$  ostida kesishadi. O'rta chiziqqa esa  $S$  sharnirini tushiramiz ( $S_1$  nuqta) va  $V$  tayanch ostidagi nol nuqtasi bilan tutashtiramiz ( $S_1 V_1$  o'ng to'g'ri chizig'i). Nihoyat, chap va o'ng to'g'ri chiziqlarga 2-3 yuk tasma-sining qir qilgan panel chegaralarini tushiramiz  $e$  va  $f$  nuqtalarini uzatish chiziqlari bilan tutashtirib, izlanuvchi  $N_{3-13}$  zo'riqishning yakuniy ta'sir chizig'ini olamiz (4.3.5, v-rasm).

**4.16 - misol.** Uch sharnirli tortqichli rama  $K$  kesimidagi eguvchi momentning ta'sir chizig'ini kinematik usulda qurilsin (4.3.6, a-rasm).  $F = 1$  yukining harakati punktirda ko'rsatilgan.

$M_k$  yo'nalishi bo'yicha ko'chishga qarshilik ko'rsatuvchi bog'lanishni olib tashlash uchun  $K$  kesimiga sharnir kiritamiz.  $M_k$  t.ch. ni olingan mexanizm disklarining ko'chishlar grafigi kabi quramiz. Disklar nomerini aylana ichidagi sonlar bilan, yerni  $O$  nomeri bilan belgilaymiz. O'zaro burilish oniy markazlari (1,0), (1,2), (2,4), (2,3), (3,5), (4,5), (5,0), (5,6), (6,7) va (7,0) ma'lum, chunki ular diskarni o'zaro tutashtiruvchi sharnirlar bilan mos tushadi (4.3.6, b-rasm). So'ngra uchta oniy markaz haqidagi teorema bo'yicha, ta'sir chiziqlaridagi nol nuqtalariga mos kelgan, yer yuziga nisbatan diskarning oniy burilish markazlari (2,0), (3,0) va (6,0) ni topamiz. Ularni topish uchun, dastlab (2,4)-(4,5) va (2,3)-(3,5) to'g'ri chiziqlarini kesishishidan o'zaro oniy burilish markazi (2,5) ning holatini aniqlash kerak, bu simbolik shaklda quyidagicha yozilishi mumkin:

(2,5)=(2,4)(4,5)+(2,3)(3,5).  
 SHunga o'xshash  
 (2,0)=(1,2)(1,0)+(2,5)(5,0);  
 (3,0)=(2,3)(2,0)+(3,5)(5,0);  
 (6,0)=(5,6)(5,0)+(6,7)(7,0).  
 markazlarning holatini topib, ularni asos to'g'ri chizig'iga tushiramiz. So'ngra (3,0) nol nuqtasi orqali  $M_k$  t.ch. o'rta chizig'ini shunday o'tkazamizki, u chap tayanch vertikalida masshtab bo'yicha, chap tayanchdan «K» kesimigacha masofaga teng bo'lgan,  $a$  bo'lakni kesib o'tsin.



Bu

#### 4.3.6-rasm

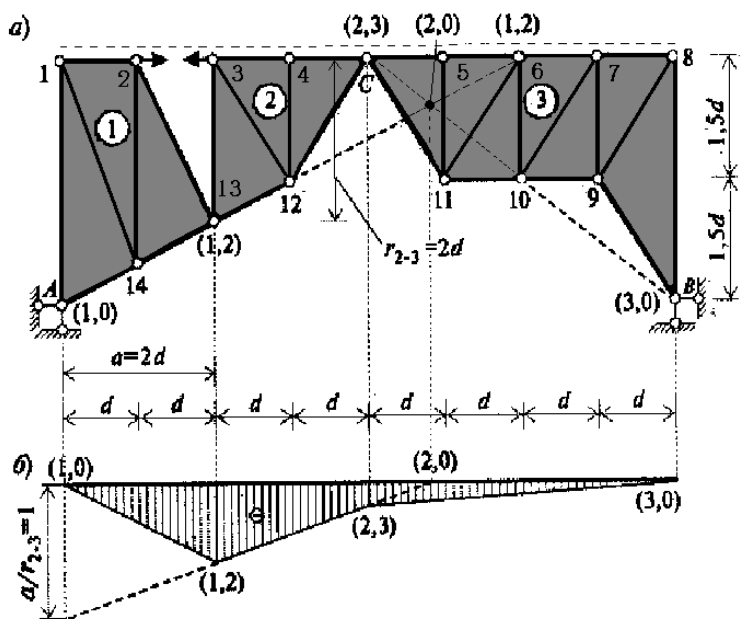
So'ngra o'rta to'g'ri chiziqqa burilish markazlari (2,3), (3,5) (ta'sir chiziqlarining sinish nuqtalari)ni tushiramiz va chap va o'ng to'g'ri chiziqlarini o'tkazamiz. (6,0) va (5,6) nuqtalar orqali o'tgan to'g'ri chiziq,  $F=1$  yukini ikkinchi darajali  $ED$  rama bo'yicha harakatidan ta'sir chizig'ini aniqlaydi. Yakuniy  $M_k$  t.ch. 4.3.6, v-rasmda keltirilgan.

**4.17 - misol.** 4.15-misolda qaralgan havonli ferma 2-3 sterjeni zo'riqishining ta'sir chizig'i, kinematik usulda qurilsin (4.3.7,a- rasm).

Ferma qaysidir sterjeni zo'riqishining ta'sir chizig'ini qurishda shu sterjen olib tashlanadi va ferma mexanizmga aylanadi. Berilgan holatda, 2-3 sterjenini olib tashlab, uchta diskdan iborat aylanada sonlar bilan belgilangan mexanizmni olamiz; yerni nolli disk deb hisoblaymiz.

Oniy burilish markazlari (1,0), (1,2), (2,3) va (3,0) ning holatlari ma'lum, chunki ular diskarni o'zaro tutashtiruvchi sharnirlar bilan mos keladi (4.3.7,a-rasmga qarang). 2-diskning yerga nisbatan oniy burilish markazi, uchta oniy markaz haqidagi teoreмага asosan, (1,0)-(1,2) va (3,0)-(2,3) to'g'ri chiziqlarining kesishgan nuqtalarida joylashadi, bu shartni quyidagicha yozish mumkin:  $(2,0) = (1,0)(1,2) + (3,0)(2,3)$ .

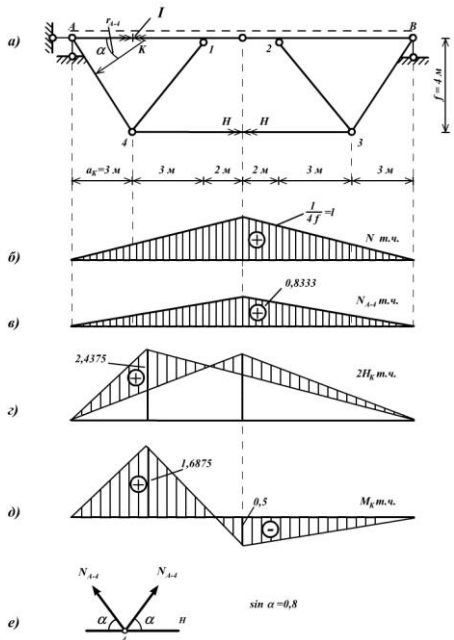
SHundan keyin asos chizig'iga oniy burilish markazlari (1,0), (2,0), (3,0) ni tushiramiz. 1-disk unga qo'yilgan izlanuvchi musbat kuch ta'siridan soat mili harakati bo'yicha (1,0) oniy burilish markaziga nisbatan, ma'lum ixtiyoriy burchakka buraladi. Bunda 2-diskning ko'chish chizig'i (2,0) oniy markazga nisbatan soat strelkasi harakatiga teskari buriladi va 1- diskning ko'chish chizig'ini oniy burilish markazi (1,2)-sinish nuqtasi ostida kesib o'tadi. 3-diskning ko'chish chizig'i (3,0) oniy markazi orqali o'tadi va 2- diskning ko'chish chizig'ini S sharniri (2,3) oniy o'zaro burilish markazi ostida kesib o'tadi (ta'sir chizig'ining yana bitta sinish nuqtasi). Masshtab belgilash uchun ta'sir chizig'ining xarakterli nuqtalaridan biriga  $F=1$  kuchini joylashtirish kerak va izlangan sterjendagi zo'riqishni aniqlash kerak - u ta'sir chizig'ining ordinatasi bo'ladi.



Berilgan misoldagi chap tayanch ordinatasini 198-199 betda keltirilgan formula bo'yicha aniqlaymiz. Qolgan ordinatalar uchburchaklarning o'xshashligidan topiladi.

Yakuniy  $N_{2-3}$  t.ch. 4.3.7, b-rasmda tasvirlangan.

**4.18 - misol.** 4.3.8, a-rasmda tasvirlangan qo'shilgan (qurama) ferma belgilangan sterjenlari bo'ylama zo'riqishi va  $K$  kesimidagi eguvchi momentlarning ta'sir chiziqlari qurilsin.



4.3.8-rasm

Bir vaqtda  $N$  havon reaksiyasining hamda 3-4 sterjeni bo'ylama zo'riqishi uchun ta'sir chiziqlari bo'lgan ta'sir chiziq (4.3) ning birinchi formulasidan aniqlanadi:

$$N_{3-4} \text{ t.ch.} = N \text{ t.ch.} = M_s^0 \text{ t.ch.} / f = \ell / (4f) = 16 / (4 \cdot 4) = 1. N \text{ t.ch. 4.3.8, b-rasmda keltirilgan.}$$

$N_{A-4}$  t.ch. qurish uchun tugun qirqish usulidan foydalanamiz. 4-tugunni yopiq kesim bilan qirqamiz va kuchlarning gorizont va vertikal o'qlarga proektsiyalari tenglamalarini tuzamiz (4.3.8, ye-rasm):

$$\Sigma Y = N_{A-4} \cdot \sin \alpha + N_{1-4} \cdot \sin \alpha = 0, \text{ bundan } N_{1-4} = -N_{A-4};$$

$$\Sigma X = -N_{A-4} \cdot \cos \alpha + N_{1-4} \cdot \cos \alpha + H = 0.$$

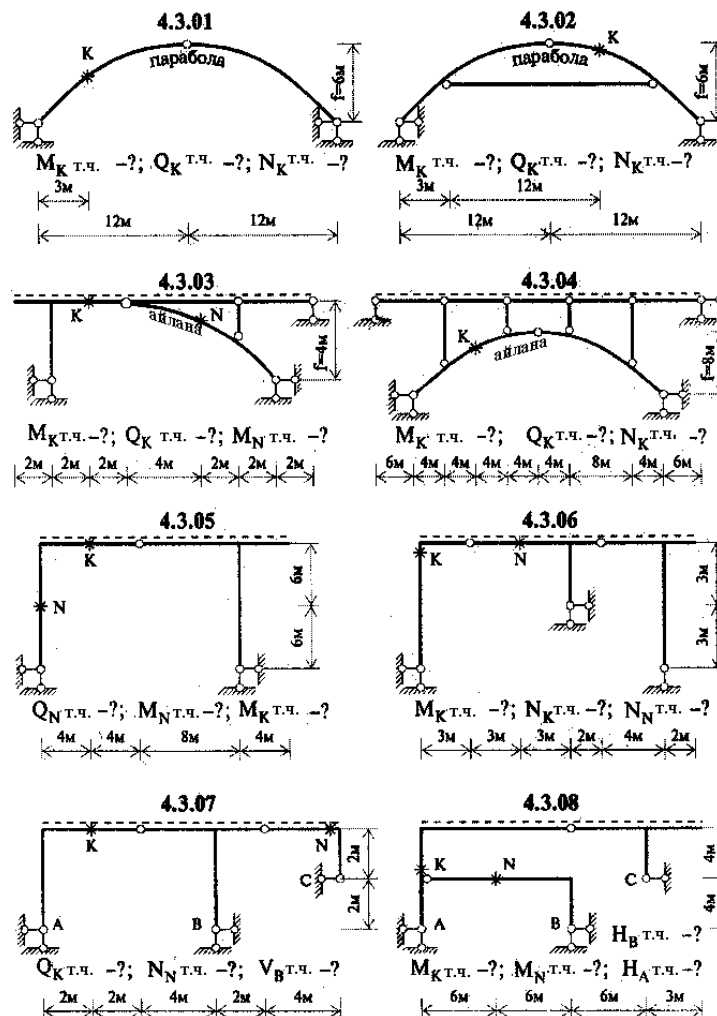
$N_{1-4} = -N_{A-4}$  ni ikkinchi tenglamaga qo'yib,  $N_{A-4} = H / (2 \cos \alpha) = H / (2 \cdot 0,6) = H / 1,2$ . Olingan tenglamadan ko'rinadiki,  $N_{A-4}$  t.ch.  $N$  t.ch. qonuniyati bo'yicha o'zgaradi, ammo uning ordinatalari 1,2 koeffitsientga bo'linishi kerak (4.3.8, v-rasm).

$M_k$  t.ch. qurish uchun I-I kesimini o'tkazamiz va  $M_k$  moment uchun  $F=1$  yukining  $K$  kesimidan o'ngroqdagi holatida ifodasini yozamiz:

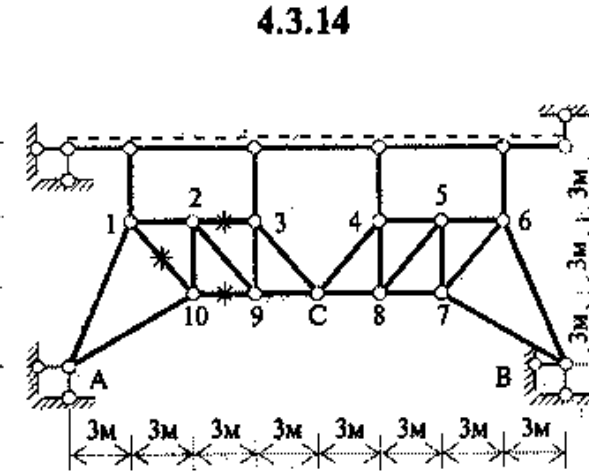
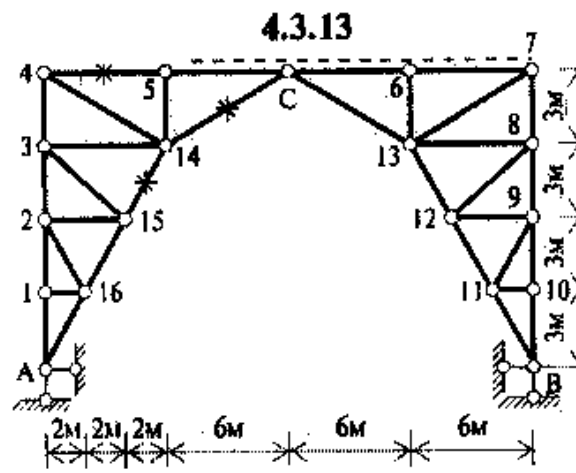
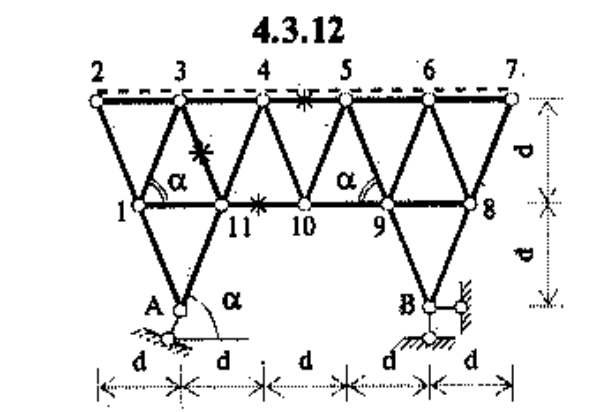
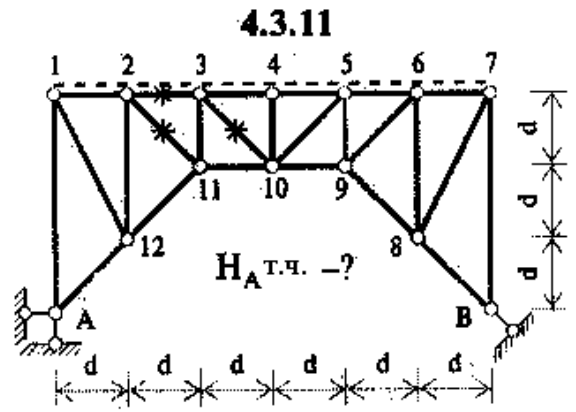
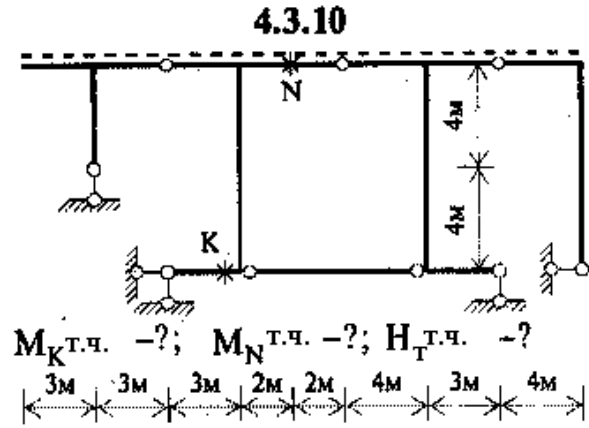
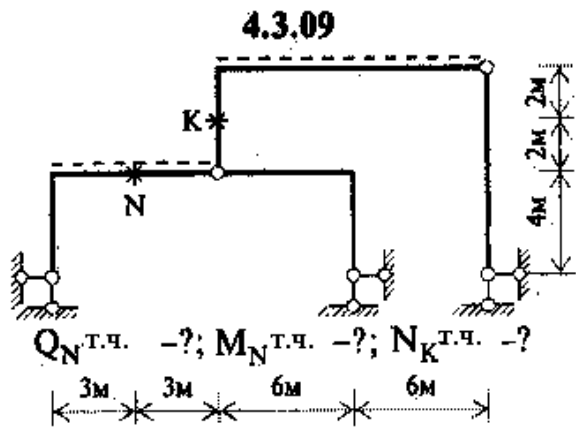
$$\begin{aligned} M_k &= R_A \cdot a_k - N_{A-4} \cdot r_{A-4} = M_k^0 - N_{A-4} \cdot a_k \sin \alpha = \\ &= M_k^0 - H \cdot a_k \sin \alpha / (2 \cos \alpha) = M_k^0 - 2H \end{aligned}$$

Olingan formula  $F = 1$  yukining  $K$  kesimidan chaproqdagi holati uchun ham adolatli bo'lishini ko'rsatish mumkin. 4.3.8,g-rasmda bir tomonga  $M_k^0$  t.ch. ning  $K$  kesim ostidagi  $M_k^0 = ab/l = 3 \cdot 13/16 = 2,4375$  ga teng ordinatasi va  $2N$  t.ch. qo'yilgan. Bu chiziqlar orasidagi shtrixlangan shakl, izlangan  $M_k$  t.ch. bo'ladi. U 4.3.8, d-rasmda to'g'rilangan ko'rinishda ko'rsatilgan.

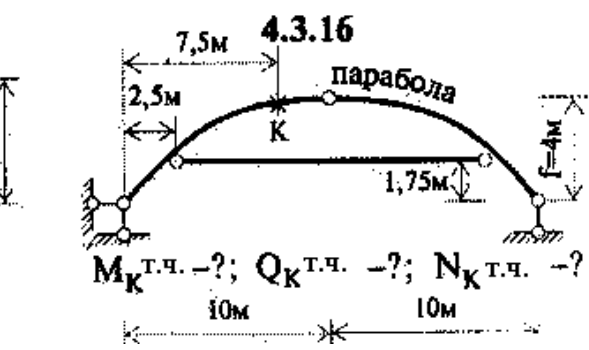
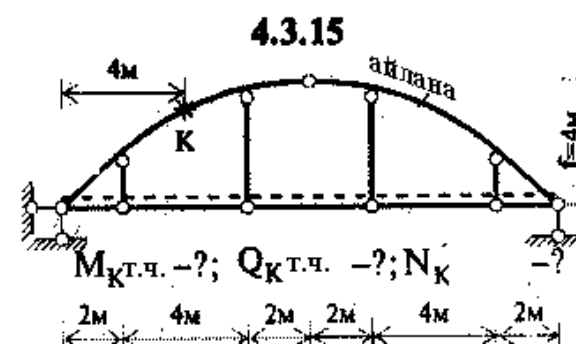
**4.3.01...4.3.14 - masalalar.** Arka, rama belgilangan kesimlaridagi va ferma sterjenlaridagi zo'riqishlarning ta'sir chiziqlari analitik usulda qurilsin.  $F = 1$  yukining harakati uzlukli chiziq bilan belgilangan.

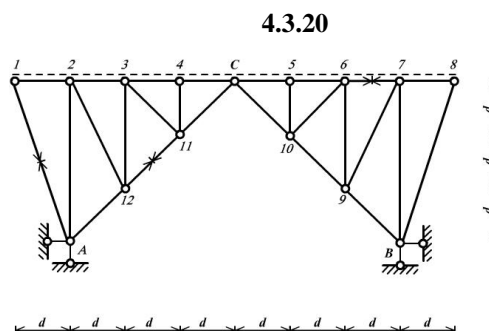
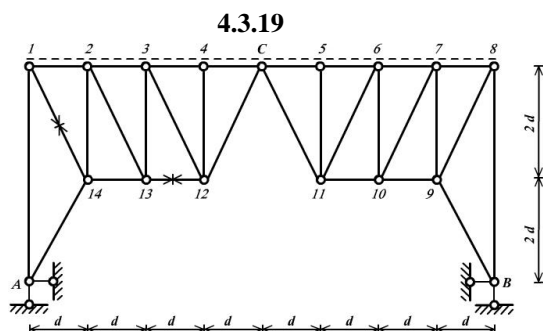
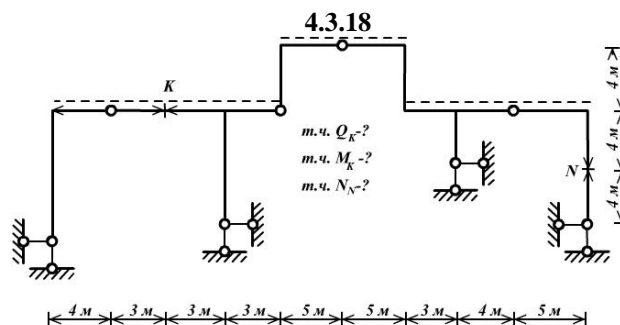
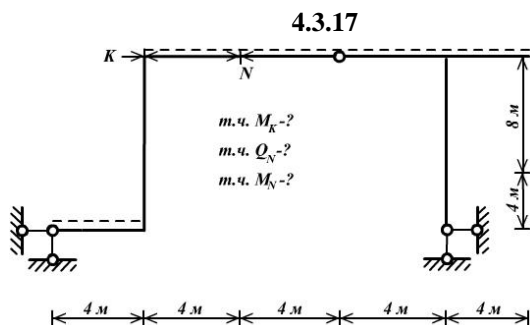






**4.3.15 - 4.3.20 - масалалар.** Берилган кесимлардаги зўриқишнинг таъсир чизиклари нол нуктаси усулида қурилсин.  $F=1$  юкининг ҳаракати узлуқли чизик билан белгиланган.





15-ma'ruza.

**Mavzu:** Ko'chishlar haqida tushuncha, ko'chishlar va ularni belgilash. Tashqi kuchlarning bajargan ishi, ichki ko'chlarning bajargan ishi (2 soat)

**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 koeffitsenti, 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 deformatsiyasi deyiladi. Inshoot deformatsiyalanganda uning deyarli hamma nuqtalari uzining koordinatalarini o'zgartirib, yangi vaziyatni oladi.

Deformatsiya natijasida inshoot nuqtalarining berilgan holatda yangi holatga utishi ko'chish deyiladi. Masalan, 5.1-rasmda ko'rsatilgan sinik sterjen tashqi kuchlar (yuklar) ta'sirida deformatsiyalanib, yangi holatni egallaydi. Ung tayanch V holatdan  $V_1$  holatga ko'chsin. Bu  $VV_1$  ko'chish gorizontall ko'chish deyiladi. A kesim biror burchakka buriladi, S va D tugunlar ham gorizontall 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 gorizontall 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.

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

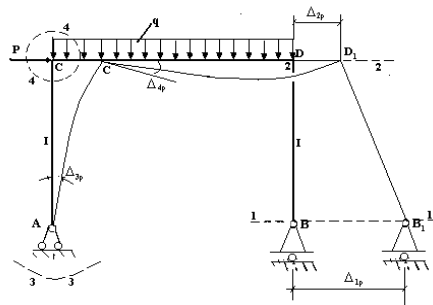
Birlik kuch ( $R=1$ ) ta'siridan vujudga kelgan ko'chishni bilan belgilaymiz va u birlik ko'chish deb ataladi. 5.2-rasmda birlik kuch ta'sirida vujudga kelgan birlik ko'chishlar ko'rsatilgan;  $\delta_{11}$  - birlik  $R_1$  kuch yo'nalishi bo'yicha  $R_1=1$  ta'siridan hosil bo'lgan ko'chish;  $\delta_{21}$  - 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 ush 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, a da tasvirlangan sitema statik qo'yilgan  $R_i$  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):

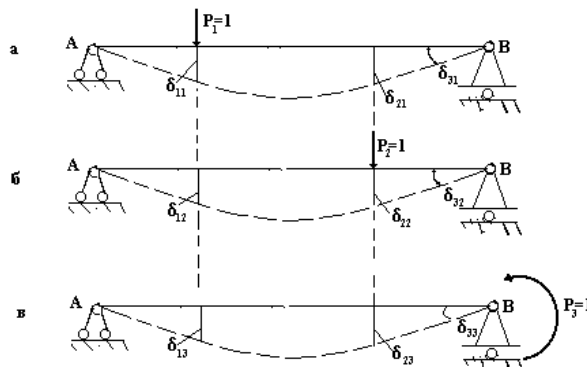
$$\Delta_i = \alpha' i \quad (5.2)$$

bunda  $\Delta_i$ -kuch  $i$  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 kushimcha  $d\Delta_i$  miqdorga kuchadi va  $i + d'i$  kuch o'zi qo'yilgan nuqta bilan shu miqdorga siljib ish bajaradi. Bu kuchning  $d\Delta_i$  ko'chishda bajargan elementar ishi :

$$dA = (i + d'i) d\Delta_i = i d\Delta_i + d'i d\Delta_i$$

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



5.2 -rasm.

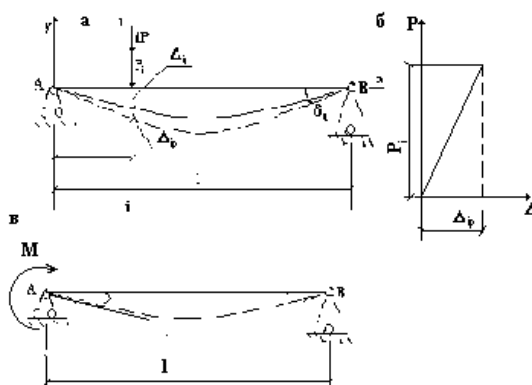
$$dA = \epsilon_i d\Delta_i = \alpha \epsilon_i d^2_i \quad (5.3)$$

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

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

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) :

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

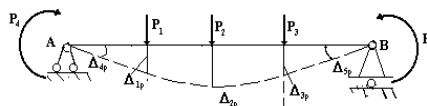


5.3.- rasm.

Bunda  $\phi$ -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 deformatsiyalangan 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  $R_i$  umulashtirilgan 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.

Mustaqil ishlash va nazorat savollari :

1. Ko'chish deganda nimani tushunnasiz?

2. Ko'chish qanday belgilanadi?
3. Ko'chishlar qanday vujudga keladi?

16-ma'ruza.

**Mavzu:** Tashqi kuchlarning bajara oladigan ishi. Ishlar va ko'chishlarning o'zaro bog'lanish teoremasi. Elastik sistemalarda deformatsiyaning potensial energiyasi (2 soat)

**Reja:**

1. Tashqi kuchlarning bajara oladigan ishi.
2. Ishlar va ko'chishlarning o'zaro bog'lanish teoremasi.
3. Elastik sistemalarda deformatsiyaning potensial energiyasi

Tayanch so'z va iboralar:

Ko'chishlar, tashqi kuchning bajargan ishi. Ko'chishlarni aniqlashning umumiy formulasi.

**Ko'chishlarning o'zaro bog'lanish teoremasi.**

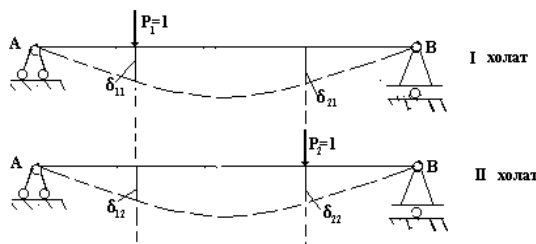
Elastik sistemaning quyidagi ikki holatini tekshiramiz (5.10-rasm): I holatda oddiy balkaga faqat bitta  $R_1 = 1$  kuch (birlik kuch) va II holatda ikkinchi birlik kuch  $R_2 = 1$  qo'yilgan bulsin. Bunday holatlar birlik holatlar deyiladi. Ikkala holat uchun ishlarining o'zaro bog'lanish teoremasi ifodasi (5.15) ni yezamiz :

$$A_{12} = A_{21} \quad \text{yoki} \quad \delta_{12} = \delta_{21}$$

$R_1=1$  va  $R_2=1$  bo'lganligi uchun bu ifoda quyidagi kurinishga keladi:

$$\delta_{12} = \delta_{21} \quad (5.21)$$

bunda  $\delta_{12}$  birlik kuch  $R_1$  yo'nalishi bo'yicha ikkinchi birlik kuch  $R_2$  hosil kilgan birlik ko'chish;  $\delta_{21}$  -birlik kuch  $R_2$  yo'nalish bo'yicha  $R_1=1$  kuch ta'sirida hosil bo'lgan birlik ko'chish.

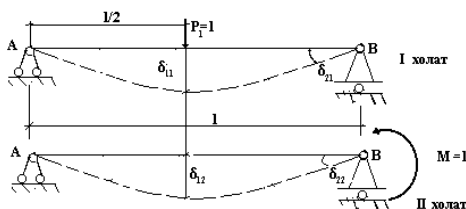


5.10-rasm.

(5.21) tenglikni har kandy birlik kuchlar ( $R_i = 1$  va  $R_k = 1$ ) dan hosil bo'lgan birlik ko'chishlar uchun umumiy ko'rinishda yozamiz:

$$\delta_{ik} = \delta_{ki} \quad (5.21)$$

Bu tenglik birlik ko'chishlarning o'zaro bog'lanish teoremasi deyiladi va quyidagicha o'qiladi: elastik sistemada birlik kuch  $R_i$  yo'nalishi bo'yicha ikkinchi birlik kuch  $R_k = 1$  hosil kilgan ko'chish ikkinchi birlik kuch  $R_k$  yo'nalishi buyichcha birinchi birlik kuch  $R_i$  dan hosil bo'lgan ko'chishga teng.



5.11-rasm.

Ko'chishlarning o'zaro bog'lanish teoremasini 5.11-rasmda ko'rsatilgan balkaning ikkala holatiga tadbik etamiz. I holatda balkaga birlik kuch  $R_1 = 1$ , II holatda esa birlik moment  $M_2=1$  qo'yilgan bulsin (5.11-rasm a va b). I holatdagi  $R_1 = 1$  kuchdan birlik moment yo'nalishi bo'yicha burilish burchagi  $\varphi_B = \delta_{21}$  hosil bo'ladi. II holatdagi  $M_2=1$  momentdan  $R_1=1$  kuch yo'nalishi bo'yicha chiziqli birlik ko'chish  $\delta_{12}$  hosil bo'ladi. Ko'chishlarning o'zaro bog'lanish teoremasi (5.21) ga asosan bu birlik ko'chishlar teng bo'lishi kerak:  $\delta_{21} = \delta_{12}$ .

Har bir holat uchun birlik ko'chishlarning miqdorlarini aniqlaymiz.

$$\text{I-holatda } \delta_{21} = \varphi_B = \frac{1 \cdot l^2}{16EI}.$$

$$\text{II-holatda } \delta_{12} = \frac{1 \cdot l^2}{16EI}.$$

Bunda  $\delta_{21}$  burchakli ko'chish va  $\delta_{12}$  chiziqli ko'chish bo'lsa ham, ular birlik ko'chish bo'lgani uchun bir xil ulchamga ega.

I-holatda tashqi ixtiyoriy kuch  $R_1$  dan hosil bo'lgan burchakli ko'chish quyidagicha ifodalanadi.

$$\Delta_{21} = \epsilon_1 \delta_{21}$$

bundan  $\delta_{21} = \Delta_{21} / \epsilon_1$  va uning ulchov birligi.

$$[\delta_{21}] = [\Delta_{21}] / [\epsilon_1] = \text{radian/kg} = \text{kg}^{-1}.$$

Balkaning II holatida tashqi momentdan hosil bo'lgan chiziqli ko'chish quyidagicha yoziladi:

### Ko'chishlarning o'zaro bog'lanish teoremasi.

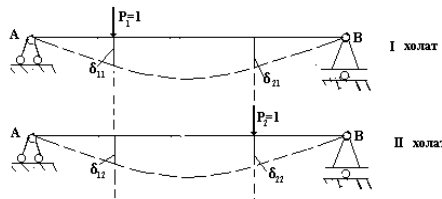
Elastik sistemaning quyidagi ikki holatini tekshiramiz (5.10-rasm): I holatda oddiy balkaga faqat bitta  $R_1=1$  kuch (birlik kuch) va II holatda ikkinchi birlik kuch  $R_2=1$  qo'yilgan bulsin. Bunday holatlar birlik holatlar deyiladi. Ikkala holat uchun ishlarining o'zaro bog'lanish teoremasi ifodasi (5.15) ni yozamiz :

$$A_{12} = A_{21} \quad \text{yoki} \quad \epsilon_1 \delta_{12} = \epsilon_2 \delta_{21}$$

$R_1=1$  va  $R_2=1$  bo'lganligi uchun bu ifoda quyidagi kurinishga keladi:

$$\delta_{12} = \delta_{21} \quad (5.21)$$

bunda  $\delta_{12}$  birlik kuch  $R_1$  yo'nalishi bo'yicha ikkinchi birlik kuch  $R_2$  hosil qilgan birlik ko'chish;  $\delta_{21}$  - birlik kuch  $R_2$  yo'nalish bo'yicha  $R_1=1$  kuch ta'sirida hosil bo'lgan birlik ko'chish.

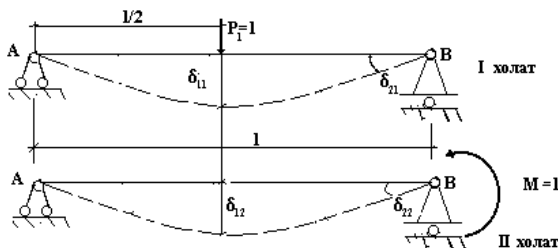


5.10-rasm.

(5.21) tenglikni har kandy birlik kuchlar ( $R_i=1$  va  $R_k=1$ ) dan hosil bo'lgan birlik ko'chishlar uchun umumiy kurinishda yezamiz:

$$\delta_{ik} = \delta_{ki} \quad (5.21)$$

Bu tenglik birlik ko'chishlarning o'zaro bog'lanish teoremasi deyiladi va quyidagicha ukiladi: elastik sistemada birlik kuch  $\epsilon_i$  yo'nalishi bo'yicha ikkinchi birlik kuch  $R_k=1$  hosil qilgan ko'chish ikkinchi birlik kuch  $R_k$  yo'nalishi buyichcha birinchi birlik kuch  $R_i$  dan hosil bo'lgan ko'chishga teng.



5.11-rasm.

Ko'chishlarning o'zaro bog'lanish teoremasini 5.11-rasmda ko'rsatilgan balkaning ikkala holatiga tadbik etamiz. I holatda balkaga birlik kuch  $R_1=1$ , II holatda esa birlik moment  $M_2=1$  qo'yilgan bulsin (5.11-rasm a va b). I holatdagi  $R_1=1$  kuchdan birlik moment yo'nalishi bo'yicha burilish burchagi  $\varphi_B = \delta_{21}$  hosil bo'ladi. II holatdagi  $M_2=1$  momentdan  $R_1=1$  kuch yo'nalishi bo'yicha

chiziqli birlik ko'chish  $\delta_{12}$  hosil bo'ladi. Ko'chishlarning o'zaro bog'lanish teoremasi (5.21) ga asosan bu birlik ko'chishlar teng bo'lishi kerak:  $\delta_{21}=\delta_{12}$ .

Har bir holat uchun birlik ko'chishlarning miqdorlarini aniqlaymiz.

$$\text{I-holatda } \delta_{21} = \varphi_B = \frac{1 \cdot l^2}{16EI}.$$

$$\text{II-holatda } \delta_{12} = \frac{1 \cdot l^2}{16EI}.$$

Bunda  $\delta_{21}$  burchakli ko'chish va  $\delta_{12}$  chiziqli ko'chish bo'lsa ham, ular birlik ko'chish bo'lgani uchun bir xil ulchamga ega.

I-holatda tashqi ixtieriy kuch  $R_1$  dan hosil bo'lgan burchakli ko'chish quyidagicha ifodalanadi.

$$\Delta_{21} = \epsilon_1 \delta_{21}$$

bundan  $\delta_{21} = \Delta_{21} / \epsilon_1$  va uning ulchov birligi.

$$[\delta_{21}] = [\Delta_{21}] / [\epsilon_1] = \text{radian/kg} = \text{kg}^{-1}.$$

Balkaning II holatida tashqi momentdan hosil bo'lgan chiziqli ko'chish quyidagicha yeciladi:

$$\Delta_{12} = M_2 \delta_{12},$$

$$\text{bundan } [\delta_{12}] = [\Delta_{12}] / [M_2] = \text{radian/kg} = \text{kg}^{-1}.$$

SHunday qilib  $\delta_{12}$  va  $\delta_{21}$  birlik ko'chishlarning ulchov birliklari ham bir xildir  $\delta_{11}$  va  $\delta_{22}$  ning ulchov birliklarini ham yuqorida aytilgan mulohazalarga asosan aniqlasak, I holatda tashqi kuch  $R_1$  dan shu kuch yo'nalishi bo'yicha hosil bo'lgan chiziqli ko'chish  $\Delta_{11} = R_1 \delta_{11}$  hamda II holatda tashqi moment  $M_2$  dan shu moment yo'nalishi bo'yicha hosil bo'lgan burchakli ko'chish  $\Delta_{22} = M_2 \delta_{22}$  bo'ladi. Bundan esa quyidagi hosil bo'ladi:

$$[\delta_{22}] \text{ q } [\Delta_{22}] / [M_2] = \text{radian/kg} \cdot \text{sm} \text{ q } \text{kg}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$$

Mustaqil ishlash va nazorat savollari :

1. Kuchish deganda nimani tushunnasiz?
2. Kuchish kandy belgilanadi?
3. Kuchishlar kandy vujudga keladi?

### 17-18-ma'ruza.

**Mavzu:** Ko'chishlarning universal formulasi (Mor formulasi). Ko'chishlarni Vereshchagin usuli orqali aniqlash (4 soat)

#### Reja:

1. Ko'chishlarni Vereshchagin usuli orqali aniqlash
2. Ko'chishlarning universal formulasi (Mor formulasi).

Tayanch so'z va iboralar:

*Ko'chishlar, Mor formulasi, Vereshchagin usulida aniqlash.*

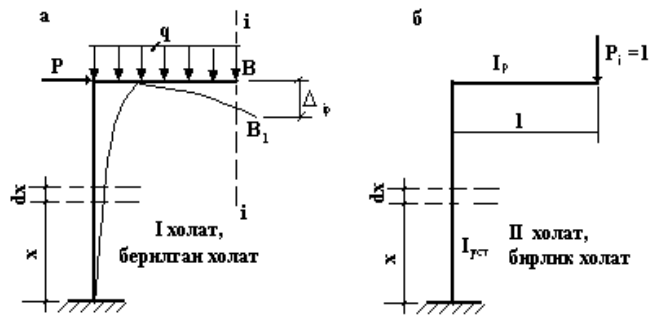
Elastik sistemaga statik ravishda qo'yilgan tashqi kuchlardan va tem'eraturaning o'zgarishidan hosil bo'lgan ko'chishlarni aniqlash formulasini keltirib chikarish yukorida kurilgan kuchning bajara oladigan ishlar teoremasiga asoslangan.

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

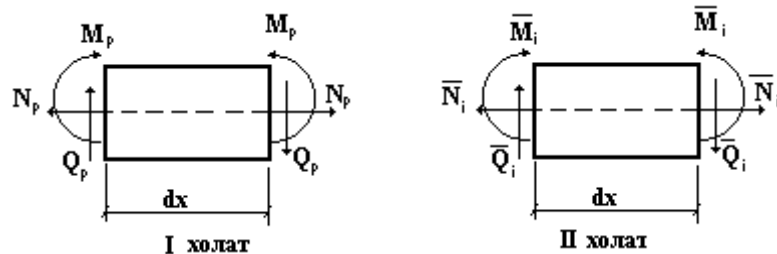
bo'lgan ishlarni aniqlaymiz. II holatdagi birlik kuch  $R_i=1$  izlanayotgan ko'chish  $\Delta_i$  bo'yicha yunalganligi sababli, uning bajara oladigan ishi

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



5.12-rasm.

II holatdagi ichki zo'riqish kuchlarning bajara oladigan ishi  $A_{II,I}$  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  $M_p$ , bo'ylama kuch  $N_p$  va ko'ndalang kuch  $Q_p$  qo'yilgan bo'ladi. Bu zo'riqishlarning har birining elementga ta'sirini tekshiramiz. Eguvchi moment  $M_p$  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  $N_p$  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  $Q_p$  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 ifodalalar  $dx$  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) yordamida 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 (chizikli 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:

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

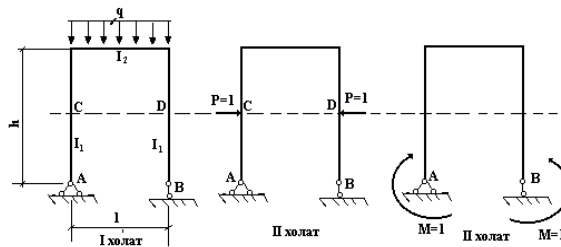
2. Ferma tugunlarining ko'chishi faqat bo'ylama kuch ta'siridan hosil bo'ladi, chunki uning sterjenlarida eguvchi moment va ko'ndalang kuchlar hosil bo'lmaydi. U holda ferma tugunlarining ko'chishi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi :

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

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) yordamida aniqlash mumkin. Masalan, 5.14-rasm, a da tasvirlangan sistema S va D nuqtalarining o'zaro chizikli 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. Mor formulasini tushuntiring?
2. Vereshchagin formulasini tushuntirib bering?

19-ma'ruza.

**Mavzu:** Statik noaniq sistemalar va ularning xususiyatlari. Kuch usulining mohiyati. (2 soat)

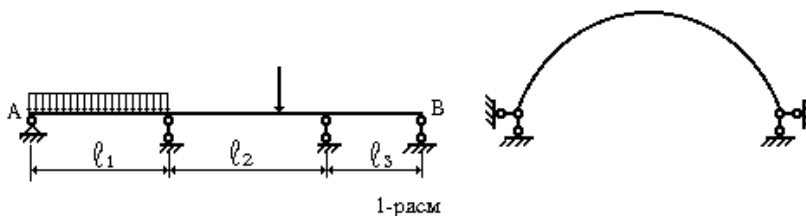
**Reja:**

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

**Tayanch so'z va iboralar:**

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

Qurilish praktikasida statik aniqlanmas sistemalar bilan bir qatorda statik aniqlanmas konstruksiya 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 aniqlanmas

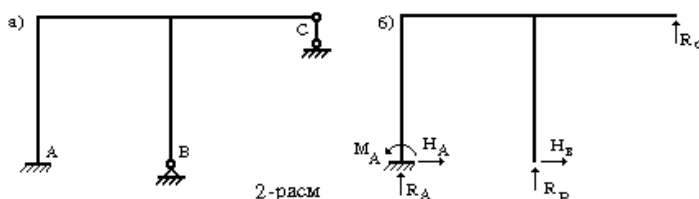
konstruksiyalar qatoriga kiritiladi. Chunki ularda ortiqcha bog'lanishlar mavjud bo'lib, har bir bog'lanishda noma'lum reaksiya kuchlari vujudga keladi. Noma'lumlarni aniqlash uchun noma'lumlar sonini tenglamalar soniga tenglashtirish uchun qo'shimcha tenglamalar tuzish talab etiladi.

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

**Bog'lanish** deganda nuqtalar va kesimlarning o'zaro zo'zga'lishiga qarshilik ko'rsatuvchi har qanday to'siq tushuniladi. «**Ortiqcha**» bog'lanish atamasi bog'lanishlarning "keraksizligini" emas, balki "keragidan ortiqcha" ekanligini anglatadi. Agar statik aniqlanmas sistemadagi ortiqcha bog'lanishlar tashlab yuborilsa, u holda statik aniqlanmas geometrik o'zgarimas sistema hosil bo'ladi.

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

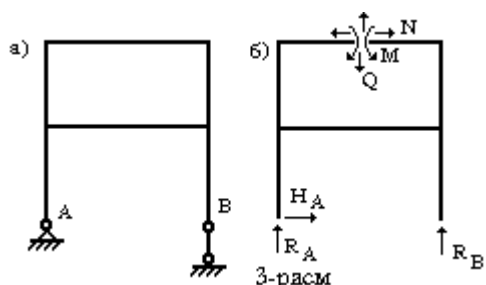
Statik aniqlanmas sistemalarni shartli ravishda tashqi va ichki statik aniqlanmas sistemalarga



ajratiladi. **Masalan:**

Berilgan aniqlanmas 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’zgarasligiga ‘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’zgaras, 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 ( $V_A$ ,  $R_A$ ,  $R_V$ ) statika tenglamalaridan to’ilsa, 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. Yani:

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’ilgan 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.

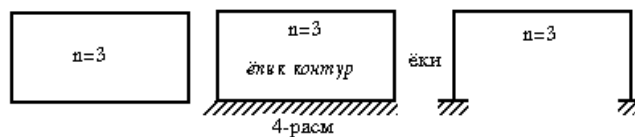
**Statik aniqmaslik darajasini aniqlash.** Kuchlar usulining harakterli xossalaridan biri, statik aniqmas sistemani aniqmaslik darajasini aniqlashdir. Statik aniqmaslik darajasi qancha kam bo’lsa, uni hisoblash shuncha oson bo’ladi. Statik aniqmas sistemani ortiqcha bog’lavchilar soni  $n$  – quyidagicha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

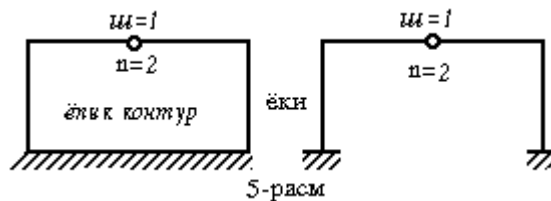
$$n = 3K = 3 \cdot 1 = 3 \quad (2)$$

bunda  $K$ - yopiq kontur soni.

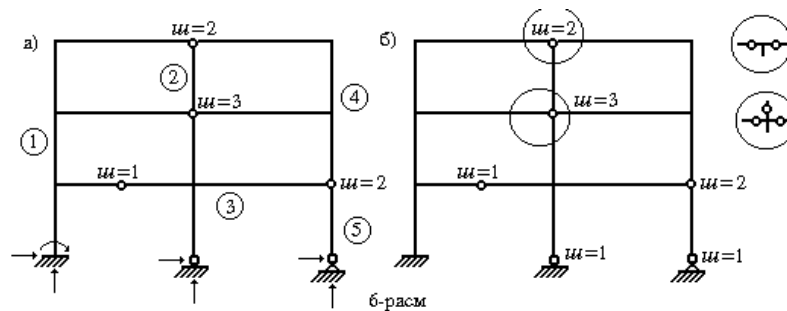
2. Agar yopiq konturli elementlaridan biriga sharnir kiritilsa, u holda ramaning statik aniqmaslik darajasi bittaga kamaytiriladi. Demak, xulosa qilib aytganda konturli ramalarning statik aniqmaslik darajasi  $n$  – quyidagicha aniqlanadi:

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

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  $n = 3K - SH = 3 \cdot 6 - 10 = 8$  (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.

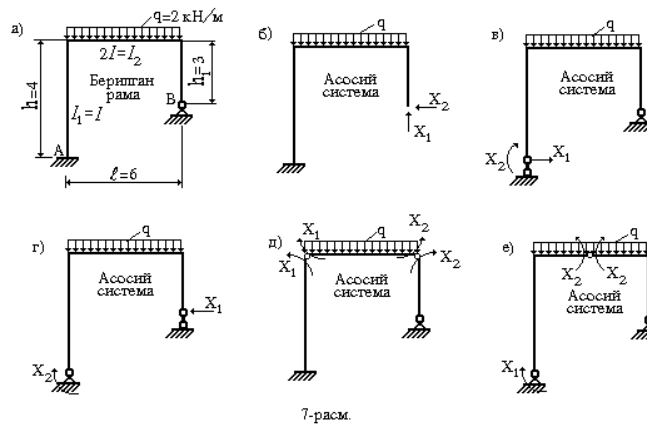
Asosiy sistemani hosil qilishning uch xil yo'li bor.

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

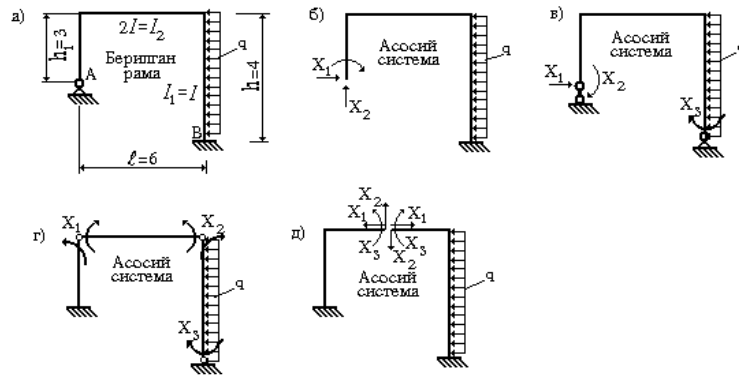
Har uchala holda qam amalda ortiqcha bog'lanishlar tashlab yuborilgan deb hisoblanadi. SHundan so'ng, berilgan sistemaning dastlabki muvozanat holatini tiklash maqsadida yo'qotilgan bog'lanishlar o'rniga ularning vazifasini bajaruvchi noma'lum kuchlar  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ , va hokazo qo'yiladi (7,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

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 qirg'ish usulida hosil qilingan. Qirg'ilgan 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 gorizontaal 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 gorizontaal 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;

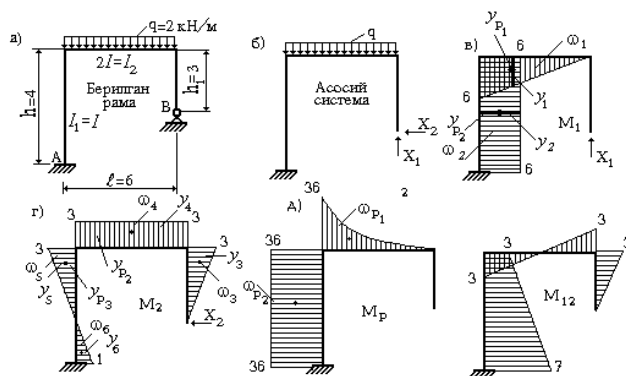
$\Delta_{1P}$ - $X_1$  kuchi yo'nalishida,  $\Delta_{2P}$  – $X_2$  kuchi yo'nalishida tashqi kuchlar ta'sirida hosil bo'lgan ko'chish.

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.

$$\begin{aligned}
\delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \delta_{13}X_3 + \dots + \delta_{1n}X_n + \Delta_{1P} &= 0; \\
\delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \delta_{23}X_3 + \dots + \delta_{2n}X_n + \Delta_{2P} &= 0; \\
\delta_{31}X_1 + \delta_{32}X_2 + \delta_{33}X_3 + \dots + \delta_{3n}X_n + \Delta_{3P} &= 0; \\
\dots\dots\dots & \\
\dots\dots\dots & \\
\delta_{n1}X_1 + \delta_{n2}X_2 + \delta_{n3}X_3 + \dots + \delta_{nn}X_n + \Delta_{nP} &= 0;
\end{aligned}
\tag{7}$$

Ushbu tenglamalardagi birlik ko'chishlar  $\delta_{ik}$ -koeffisient, tashqi kuchlardan hosil bo'lgan ko'chishlar  $\Delta_{iP}$  esa ozod had vazifasini o'taydi. Ko'chishlarni o'zaro munosabati haqidagi

Maksvel teoremasiga binoan  $\delta_{ik} = \delta_{ki}$  bo'ladi.



9-расм.

Bir bir indeksli ko'chishlar ( $\delta_{11}, \delta_{22}$ ) bosh ko'chishlar yoki kanonik tenglamaning asosiy koeffitsientlari deb ataladi. Ular hech qachon nolga teng bo'lmaydi va doimo musbat ishorali bo'ladi. SHu sababli ular hamma vaqt tenglamada ishtirok etadi.

Turli indeksli ko'chishlar ( $\delta_{12}, \delta_{13} \dots$ ) esa musbat va manfiy ishoralarga ega bo'lishi va demak, nol bo'lishi ham mumkin. SHuning uchun bular ikkinchi darajali ko'chishlar deb ataladi.

**Mustaqil ishlash va nazorat savollari:**

1. Statik noaniq sistemalarni hisoblashda kuch usuli deb nomlanishiga sabab nima?
2. Statik noaniq sistemalarning tahrifini ayting?
3. Statik noaniq sistemalarning asosiy xususiyatlari nimadan iborat?
4. Tekis sistemalarning statik noaniqlik darajasi qanday aniqlanadi?
5. Kuch usulining asosiy sistemasi qanday tanlanadi?
6. Asosiy sistema qanday shartlarga javob berishi kerak?
7. Kuch usulining kanonik tenglamalari qanday mahnoni bildiradi?
8. Kanonik tenglamalar sistemasining bosh koeffisientlari nolga teng bo'lishi mumkinmi?
9. Kanonik tenglamalar sistemasining yordamchi koeffisientlari qanday qiymatlarga teng bo'ladi?
10. Tenglamalar sistemasining koeffisient va ozod hadlari qanday mahnoga ega?
11. Kuch usulini qanday ramalarda qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi?

20-21-22-ma'ruza.

**Mavzu:** Ramalarni kuch usulida hisoblash. Statik noaniq sistemalarni erkinlik darajasi. Kuch usulining asosiy sistemasi. Kuch usulining kanonik tenglamalari. Birlik va tashqi yuklardan epyuralarni chizish. Kanonik tenglama koeffisientlari va ozod hadlarini aniqlash. Tenglamalar sistemasini yechish va noma'lumlarni aniqlash. Tuzatilgan birlik epyuralarini chizish. Yakuniy eguvchi moment epyurasini chizish. Ko'ndalang va bo'ylama kuchlar epyuralarini chizish.

Epyuralarning to'g'riligini tekshirish (6 soat)

**Reja:**

1. Ramalarni kuch usulida hisoblash.

2. Statik noaniq sistemalarni erkinlik darajasi.
3. Kuch usulining asosiy sistemasi.
4. Kuch usulining kanonik tenglamalari
5. Birlik va tashqi yuklardan epyuralarni chizish.
6. Kanonik tenglama koeffisientlari va ozod hadlarini aniqlash.
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, koeffisient, tashqi yuklardan ko'chish, ozod had, Mor formulasi, Vereshchagin usuli, tekshirish, noma'lumlar, sistemani yechish.*

Ma'lumki, kanonik tenglamalarning koeffisienti va ozod hadlari ko'chishlardir. SHuning uchun ularni aniqlashda ko'chishlar nazariyasidan foydalanamiz. Kanonik tenglamalarning koeffitsenti 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.

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

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

$\bar{M}_2$  -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.

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

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 tenlamalar 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 (koeffisientlar) va ozod hadlar aniqlanadi. Buning uchun birlik kuchlar ta'sirida eguvchi mament epyurasi quriladi (7 rasm v, g).

$$\delta_{11} = \sum \frac{\omega_i y_i}{EI_i} = \frac{\omega_1 y_1}{EI} + \frac{\omega_2 y_2}{EI_2} = \frac{6 \cdot 6}{2 \cdot 2 \cdot EI} \cdot \frac{2}{3} + \frac{6 \cdot 4 \cdot 6}{EI} = \frac{36}{EI} + \frac{144}{EI} = \frac{180}{EI}$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \sum \frac{\omega_i y_i}{EI_i} = \frac{\omega_1 y_4}{EI_1} + \frac{\omega_2 y_7}{EI_2} = \frac{6 \cdot 6}{2 \cdot 2 \cdot EI} \cdot 3 + \frac{6 \cdot 4 \cdot 1}{EI} = -\frac{27}{EI} - \frac{24}{EI} = -\frac{51}{EI}$$



$$\delta_{22} = \sum \frac{\omega_i y_i}{EI_i} = \frac{\omega_3 y_3}{EI_1} + \frac{\omega_4 y_4}{EI_2} + \frac{\omega_5 y_5}{EI_1} + \frac{\omega_6 y_6}{EI_1} = \frac{3 \cdot 3}{2 \cdot EI} \cdot \frac{2}{3} \cdot 3 + \frac{6 \cdot 3 \cdot 3}{2 \cdot EI} + \frac{3 \cdot 3}{2 \cdot EI} \cdot \frac{2}{3} \cdot 3 + \frac{1 \cdot 1}{2 \cdot EI} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 =$$

$$= \frac{9}{EI} + \frac{27}{EI} + \frac{9}{EI} + \frac{0.33}{EI} = \frac{45.33}{EI}$$

$$\Delta_{1p} = \sum \frac{\omega_i y_i}{EI_i} = \frac{\omega_{p_1} y_{p_1}}{2EI_2} + \frac{\omega_{p_2} y_{p_2}}{EI_1} = -\frac{36 \cdot 6 \cdot 4.5}{6EI} - \frac{36 \cdot 4 \cdot 6}{EI} = -\frac{162 + 864}{EI} = -\frac{1026}{EI}$$

$$\Delta_{2p} = \sum \frac{\omega_i y_i}{EI_i} = \frac{\omega_{p_1} y_{p_1}}{2EI} + \frac{\omega_{p_2} y_{p_2}}{EI_1} = \frac{36 \cdot 6 \cdot 3}{2 \cdot 3EI} + \frac{36 \cdot 4 \cdot 1}{EI} = \frac{252}{EI}$$

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:

$$\sum_{i=1}^n \int_0^l \frac{\bar{M}_{12}^2}{EI} dx = \frac{3 \cdot 3}{2EI} \cdot \frac{2}{3} \cdot 3 + \frac{3 \cdot 3}{2 \cdot 2EI} \cdot \frac{2}{3} \cdot 3 + \frac{3 \cdot 3}{2 \cdot 2EI} \cdot \frac{2}{3} \cdot 3 + \frac{3 \cdot 4 \cdot 5}{EI} + \frac{4 \cdot 4 \cdot 5,667}{2EI} =$$

$$= \frac{9 + 4,5 + 4,5 + 60 + 45,33}{EI} = 123,33$$

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'paytmasini hisoblaymiz.

$$\sum_{i=1}^n \int_0^l \frac{\bar{M}_1 \cdot \bar{M}_{12}}{EI} dx = \frac{6 \cdot 6 \cdot 1}{2 \cdot 2EI} + \frac{6 \cdot 4 \cdot 5}{EI} = \frac{129}{EI}$$

$$(\delta_{11} + \delta_{12}) = \frac{180}{EI} - \frac{51}{EI} = \frac{129}{EI}$$

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

$$\sum_{i=1}^n \int_0^l \frac{\bar{M}_2 \cdot \bar{M}_{12}}{EI} dx = \frac{3 \cdot 3}{2EI} \cdot \frac{2}{3} \cdot 3 + \frac{3 \cdot 3 \cdot 3}{2 \cdot 2EI} - \frac{3 \cdot 3 \cdot 3}{2 \cdot 2EI} - \frac{3 \cdot 3 \cdot 4}{2EI} + \frac{1 \cdot 1 \cdot 6 \cdot 4}{2EI} = \frac{9 - 18 + 3 \cdot 3 \cdot 3}{EI} = -5.67$$

$$(\delta_{21} + \delta_{22}) = -\frac{51}{EI} + \frac{45.33}{EI} = -\frac{5.67}{EI}$$

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

Nihoyat ozod hadrlarini 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 koeffitsentlar va ozod hadlar to'g'ri to'ilganiga ishonch hosil qilingach, ularni kanonik tenglamalarga qo'yamiz. Tenglamalarni birgalikda yechib, noma'lum kuchlarni aniqlaymiz:

$$180X_1 - 51X_2 - 1026 = 0$$

$$-51X_1 + 45,33X_2 + 252 = 0$$

$$9180X_1 - 2601X_2 - 52326 = 0$$

$$-9180X_1 + 7799,4X_2 + 45360 = 0$$

$$5198,4X_2 - 6966 = 0$$

$$X_2 = \frac{6966}{5198,4} = 1,3 \text{ } \kappa H$$

$$180X_1 - 51 \cdot 1,3 - 1026 = 0$$

$$180X_1 - 1092,3 = 0$$

$$X_1 = \frac{1092,3}{180} = 6,06 \text{ } \kappa H$$

**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  $0 \leq x_1 \leq 3 \text{ m}$

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

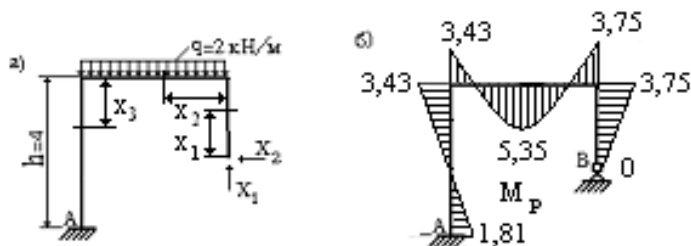
$$N_{x_1} = -X_1$$

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

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

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

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



10 - расм

2 oraliq  $0 \leq x_2 \leq 6$  m

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

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

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

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

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

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

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

3 oraliq  $0 \leq x_3 \leq 4$  m

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

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

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

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

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;

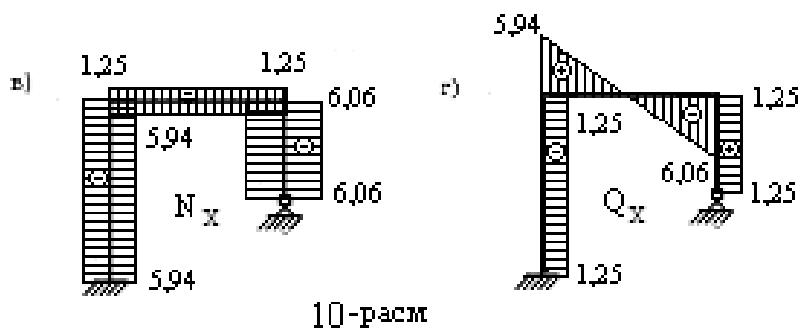
$\bar{M}_1$  - asosiy sistemada  $X_1 = 1$  kuchidan hosil bo'lgan moment.

$X_1$  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  $X_1 \cdot M_1$  bo'ladi. Bu

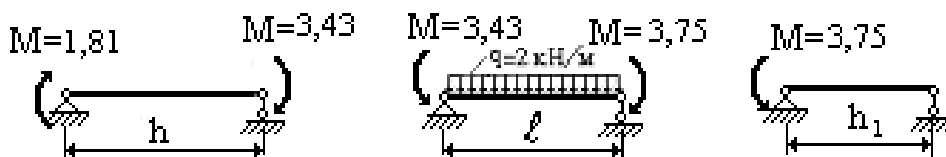
qoida boshqa noma'lumlar  $X_2, X_3, X_4, \dots, X_n$  ga ham tegishlidir.

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).



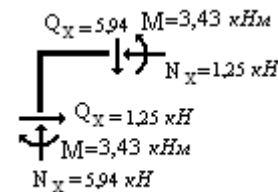
11 -расм

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.**

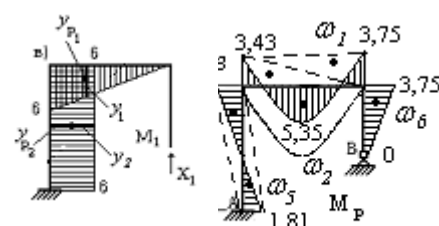
a) **Statik tekshirish.** Ramaning har bir tuguni eguvchi momentlar ta'sirida muvozanatda bo'lishi kerak. Ramadan tugunlar qirqib olinib, ularga qolgan qismining ta'sirini tegishli eguvchi moment zo'riqishlari bilan almashtiriladi va tugunning muvozanat shartlari yoziladi. Bu tekshirish zaruriy bo'lib,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



$$\begin{aligned} \sum X = 0. \quad -N_x + Q_x &= 0, \quad -1.25 + 1.25 = 0 \\ \sum Y = 0. \quad -Q_x + N_x &= 0, \quad 5.94 + 5.94 = 0 \\ \sum M = 0 \quad M - M &= 0, \quad 3.43 - 3.43 = 0 \end{aligned}$$

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..



12 -расм

CHizmadan

$$\sum \int \frac{M_\Sigma M_1 dx}{EI} = \frac{36 \cdot 3}{2EI} - \frac{3.75 \cdot 6 \cdot 2}{2E2I} - \frac{3.43 \cdot 6 \cdot 4}{2E2I} - \frac{3.43 \cdot 4 \cdot 6}{2EI} + \frac{1.61 \cdot 4 \cdot 6}{2EI} = 0$$

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?

23-ma'ruza.

**Mavzu:** Simmetrik ramalarni hisoblash. Statik noaniq ramalarni tayanch cho'kishiga hisoblash. Statik aniqmas sistemalarni temperatura ta'siriga hisoblash (2 soat)

### 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.*

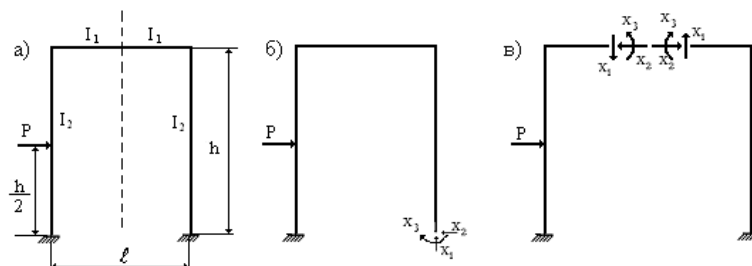
### *Statik aniqmas ramalarni hisoblashda soddalashtirish usullari.*

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 bikrliklari 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 bikrlikka 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:

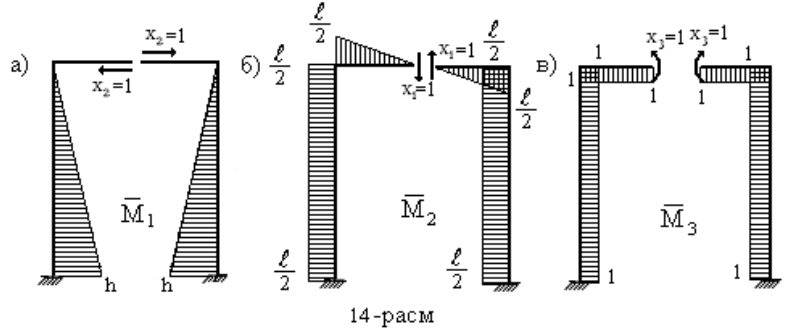


13-rasm

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

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

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

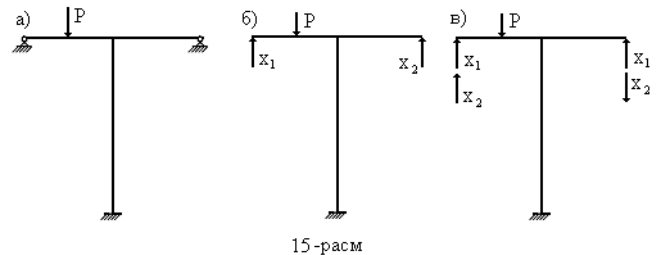
ikkinchisi  $\delta_{22}X_2 + \Delta_{2P} = 0$ ;

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.

### 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 sistemaning bunday olinishi hisob ishlarini soddalashtirishga olib kelmaydi. Kanonik tenglamalar sistemasi yaxlitligicha qolaveradi.



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

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

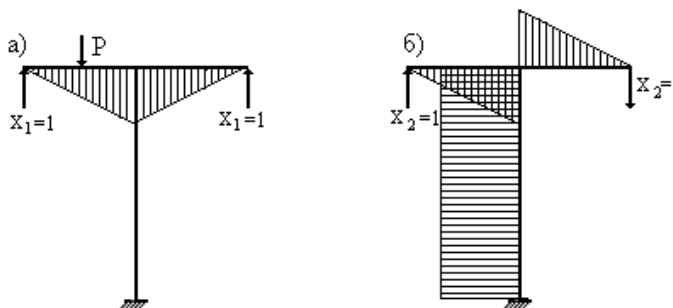
Hisob jarayonida ma'lum darajada soddalashuvga erishish maqsadida  $Z_1$  reaksiyasini  $X_1$  va  $X_2$  noma'lumlarining yig'indisi bilan,  $Z_2$  reaksiya kuchini esa  $X_1$  va  $X_2$  noma'lumlarining ayirmasi bilan almashtiramiz (15-rasm, v). Natijada yakka kuchlar kuchlar guruhi bilan almashadi. 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.



### 24-ma'ruza.

**Mavzu:** Umumiy tushunchalar. Qo'zg'almas yuklar ta'siridagi uzluksiz balkalarni hisoblash. Asosiy sxemani tanlash. Uch moment tenglamasi. Uzluksiz balkalardagi eguvchi moment, ko'ndalang kuch va tayanch reaksiyalarni aniqlash (2 soat)

#### 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

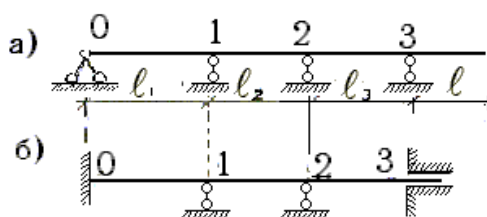
#### Tayanch so'z va iboralar:

*Tutash balkalar, statik aniqlaslik darajasi, asosiy sistema, birlik epyuralar, tashqi yukdan epyura, koeffisientlar, 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 aniqlaslik darajasini quyidagi formulalarga asosan aniqlash mumkin:

$$n=2SH+Ct-3D \text{ yoki } n=Ct-3 \quad (4.1)$$



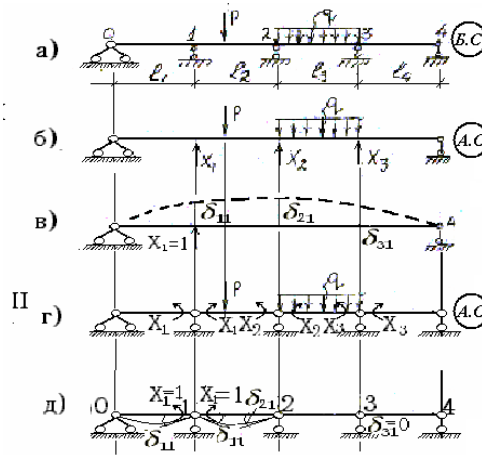
### 4.1– rasm.

*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 balking ortiqcha bog'lanishlardan ozod etib, asosiy sistemaning bir necha variantini tanlaymiz. (4.2b, g-rasm).

Balking 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) bahzi yordamchi koeffisientlar nolga teng bo'ladi.

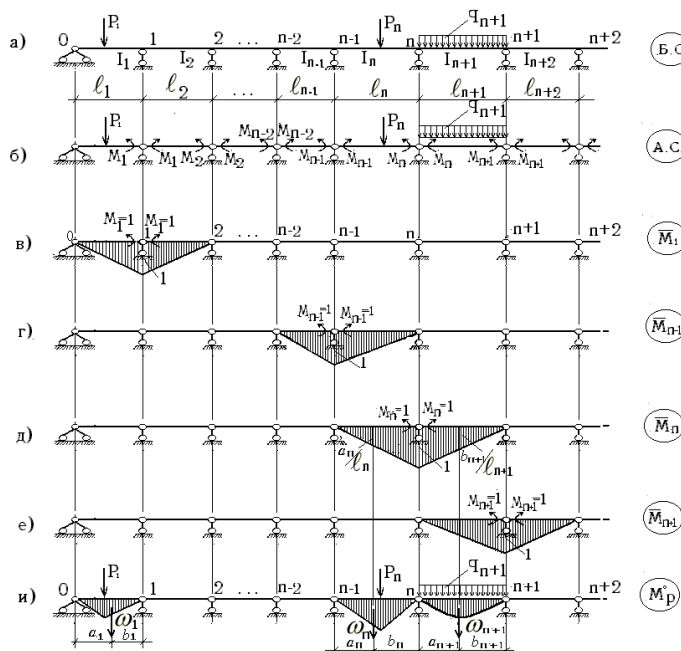
Demak, tutash balkalarni hisoblashni osonlashtirish uchun ortiqcha noma'lumlar sifatida tayanch momentlarni qabul qilish qulaydir.

Uch momentlar tenglamasi. Bizga 4.3a -rasmida 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:

$$\delta_{n1}=0, \delta_{n2}=0, \dots, \delta_{n,n-2}=0, \delta_{n,n+2}=0, \delta_{n,n+2}=0, \dots$$



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 koeffitsientlari 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 inertsiya 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

$$I_1 = I_2 = \dots = I_n = I_{n+1} = I_c; \quad I'_n = I_n \quad l'_{n+1} = l_{n+1}$$

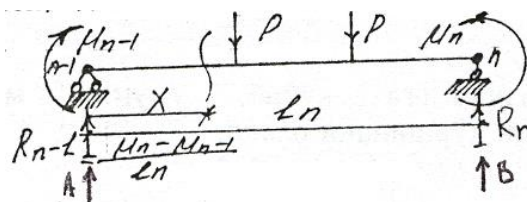
bo'ladi va uch momentlar tenglamasi quyidagi ko'rinishga keladi:

$$M_{n-1}I_n + 2M_n(I_n + I_{n+1}) + M_{n+1}I_{n+1} = -6 (B_n^\phi + A_{n+1}^\phi) \quad (4.5)]$$

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.

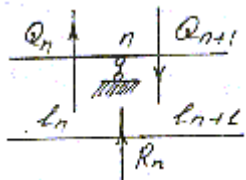
### Tutash balkalardagi eguvchi moment, ko'ndalang kuch va tayanch reaksiyalarini aniqlash.

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

$$M = M_x^o + M_{n-1} + \frac{M_n - M_{n-1}}{l_n} \cdot x, \quad (4.6)$$

$$Q = Q_x^o + \frac{M_n}{l_n} - \frac{M_{n-1}}{l_n}, \quad (4.7)$$

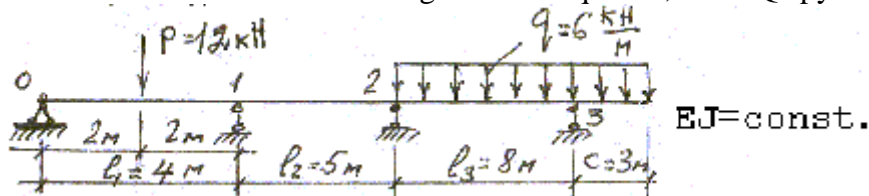
bu yerda  $M_x^o$  va  $Q_x^o$  - oddiy balkadagi tashqi yukdan xosil bo'lgan eguvchi moment va kesuvchi kuch.

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 reaksiyalarning to'g'ri topilganligi qanday tekshiriladi?

25-26-ma'ruza.

Mavzu: Uzlüksiz balkalarni moment fokuslari usuli bilan hisoblash. Chap va o'ng fokuslar nisbatlarini aniqlash. Uzlüksiz balka yuklangan oraligining tayanch momentlarini aniqlash.

Fokuslar nisbatlaridan foydalanib tayanch momentlarini aniqlash (4 soat)

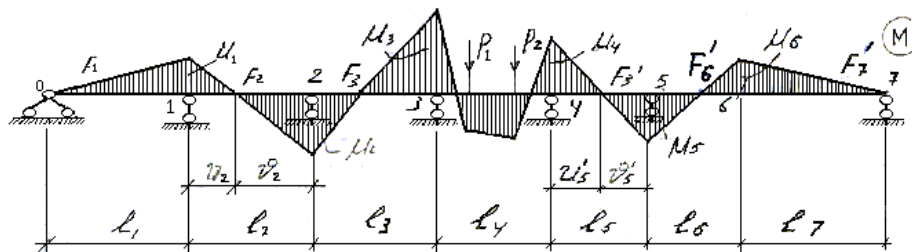
**Raja:**

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:

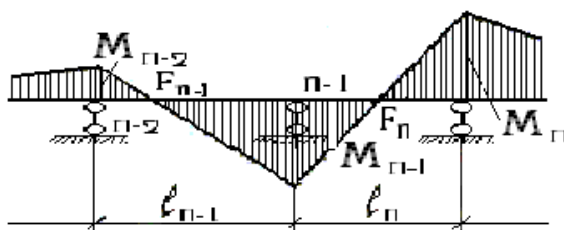
$$k_n = -\frac{M_n}{M_{n-1}} \quad (5.1)$$

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:

$$M_{n-1}$$

$$\frac{M_{n-2}}{M_{n-1}} l'_{n-1} + 2(l'_{n-1} + l'_n) + \frac{M_n}{M_{n-1}} l'_n = 0$$

(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:

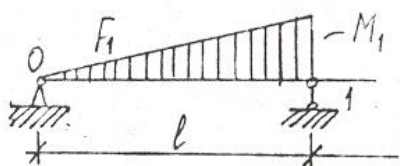
$$K_n = 2 + \frac{l'_{n-1}}{l'_n} \left( 2 - \frac{1}{K_{n-1}} \right) \quad (5.3)$$

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:

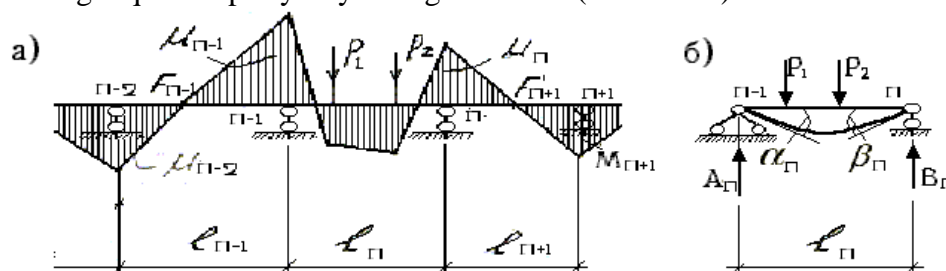
$$K_1 = -\frac{M_1}{0} = \infty$$



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:

$$\left. \begin{aligned} M_{n-2} l'_{n-1} + 2M_{n-1} (l'_{n-1} + l'_n) + M_n l'_n &= -6EI\alpha_n \\ M_{n-1} l'_n + 2M_n (l'_n + l'_{n+1}) + M_{n+1} l'_{n+1} &= -6EI\beta_n \end{aligned} \right\}$$

Tayanch momentlari  $M_{n-2}$  va  $M_{n+1}$  ni qolgan ikki tayanch momentlari orqali ifodalaymiz:

$$M_{n-2} = -\frac{M_{n-1}}{K_{n-1}}, \quad M_{n+1} = -\frac{M_n}{K'_{n+1}}, \quad \text{u holda}$$

$$\left. \begin{aligned} M_{n-1} \left[ -\frac{l'_{n-1}}{K_{n-1}} + 2(l'_{n-1} + l'_n) \right] + M_n l'_n &= -6EI\alpha_n \\ M_{n-1} l'_n + M_n \left[ 2(l'_n + l'_{n+1}) - \frac{l'_{n+1}}{K'_{n+1}} \right] &= -6EI\beta_n \end{aligned} \right\}$$

Tenglamalarning ikkala tomonini  $\alpha_n$  ga bo'lamiz:

$$\left. \begin{aligned} M_{n-1} \left[ 2 + \frac{l'_{n-1}}{l'_n} \left( 2 - \frac{1}{k_{n-1}} \right) \right] + M_n &= -\frac{6EI\alpha_n}{l'_n} \\ M_{n-1} + M_n \left[ 2 + \frac{l'_{n+1}}{l'_n} \left( 2 - \frac{1}{k'_{n+1}} \right) \right] &= -\frac{6EI\beta_n}{l'_n} \end{aligned} \right\}$$

O'rta qavslarni fokus nisbatlari orqali ifodalab yozamiz:

$$\left. \begin{aligned} M_{n-1} \cdot K_n + M_n &= -\frac{6EI\alpha_n}{l'_n} \\ M_{n-1} + M_n k_n^* &= -\frac{6EI\beta_n}{l'_n} \end{aligned} \right\}$$

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:

$$M_{n-1} l'_{n-1} + 2M_{n-1}(l'_{n-1} + l'_n) + M_n l'_n = -6 \left( \frac{I_0}{I_n} \cdot 0 + \frac{I_0}{I_{n+1}} \cdot A_n^\phi \right),$$

$$M_{n-2} l'_{n-1} + 2M_{n-1}(l'_{n-1} + l'_n) + M_n l'_n = -6 \left( \frac{I_0}{I_{n-1}} \cdot 0 + \frac{I_0}{I_n} \cdot A_n^\phi \right),$$

$M_{n-2}$  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  $\alpha_n$  ga bo'lamiz:

$$M_{n-1} \left[ 2 + \frac{l'_{n-1}}{l'_n} \left( 2 - \frac{1}{k_{n-1}} \right) \right] + M_n = -6 \cdot \frac{I_0}{I_n} \cdot \frac{A_n^\phi}{l'_n} \quad \text{yoki}$$

$$M_{n-1} + M_n \left[ 2 + \frac{l'_{n+1}}{l'_n} \left( 2 - \frac{1}{k'_{n+1}} \right) \right] = -6 \cdot \frac{I_0}{I_n} \cdot \frac{B_n^\phi}{l'_n}$$

$$\left. \begin{aligned} M_{n-1} \cdot k_n + M_n &= -6 \frac{I_0}{I_n} \cdot \frac{A_n^\phi}{l_n'} \\ M_{n-1} + M_n \cdot k_n' &= -6 \frac{I_0}{I_n} \cdot \frac{B_n^\phi}{l_n'} \end{aligned} \right\}$$

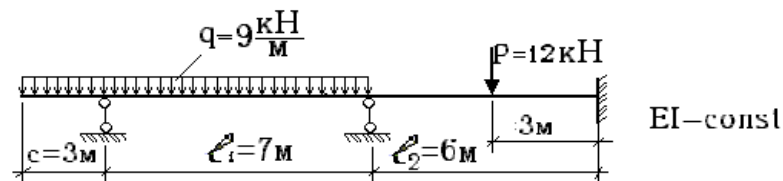
u holda  $M_{n-1} = -\frac{6(A_n^\phi k_n' - B_n^\phi)}{l_n'(k_n k_n' - 1)}$ ;  $M_n = -\frac{6(B_n^\phi k_n - A_n^\phi)}{l_n'(k_n k_n' - 1)}$ ,

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 oralig'i yuklangan bo'lsa, moment fokuslari usuli qanday qo'llaniladi?
10. Moment fokuslari usulini qo'llash tartibini ayting?

27-28-29-30-ma'ruza.

**Mavzu:** Ko'chishlar usulining mohiyati va noma'lumlari. Ko'chish usulining asosiy sistemasi. Ko'chishlar usulining kanonik tenglamalari. Rama sterjeni chekka kesimining deformatsiyalari bilan tayanch momentlari orasidagi bog'lanish. Kanonik tenglama koeffisientlari va ozod hadlarini aniqlash. Kanonik tenglamani yechish va noma'lumlarni aniqlash. Tuzatilgan birlik epyuralarini chizish. Eguvchi moment epyurasini chizish va tekshirish. Ko'ndalang va bo'ylama kuchlar epyuralarini chizish. Epyuralarni birgalikda tekshirish. Statik noaniq ramani aralash va kombinasiyalash usullarida hisoblash (8 soat)

#### 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.

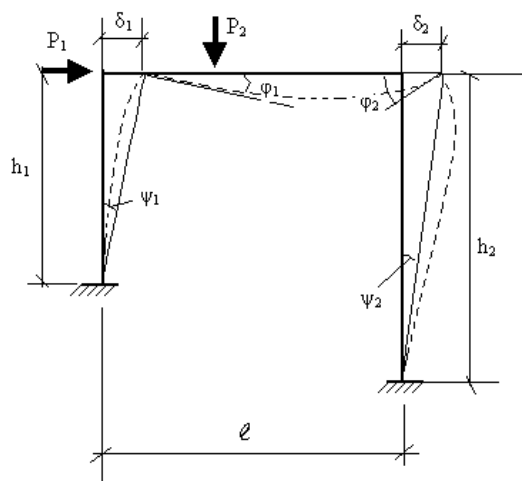
6. Kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod hadlarini aniqlash.
7. Kanonik tenglamani yechish va noma'lumlarni aniqlash.
8. Tuzatilgan birlik epyuralarini chizish
9. Eguvchi moment epyurasini chizish va tekshirish.
10. Ko'ndalang va bo'ylama kuchlar epyuralarini chizish.
11. Epyuralarni birgalikda tekshirish. Statik noaniq ramani aralash va kombinasiyalash usullarida hisoblash

### Tayanch so'z va iboralar:

CHiziqli ko'chish, burchakli ko'chishlar, birkir tugun, erkinmas ramalar, erkin ramalar, noma'lumlar, birkir 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



6.1-rasm

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).

$\varphi_1, \varphi_2$  – 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:

$$\psi_1 = \frac{\delta_1}{h_1}; \text{ yoki } \delta_1 = \psi_1 h_1; \quad \psi_2 = \frac{\delta_2}{h_2} \text{ yoki } \delta_2 = \psi_2 h_2.$$

Gorizontol 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.

$$n = n_\varphi + n_\delta, \quad (6.1)$$

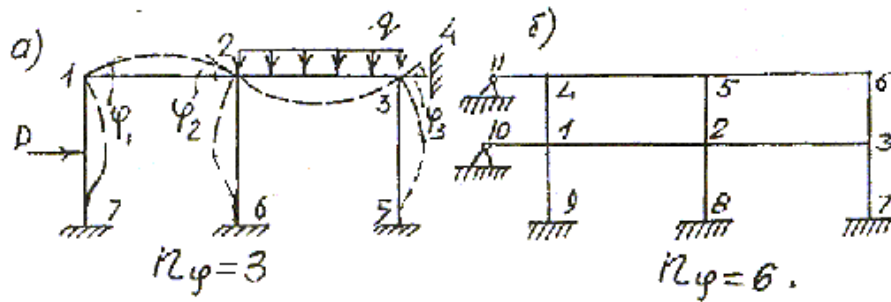
bunda;  $n_\varphi$  – birkir tugunlarning burilish burchaklari soni,

$n_\delta$  – tugunlarning chiziqli ko'chishlari soni.

Umumiy noma'lumlar soni  $n$  ramaning kinematik aniqmaslik darajasi deyiladi.

Ramalar ikki guruhga bo'linadi:

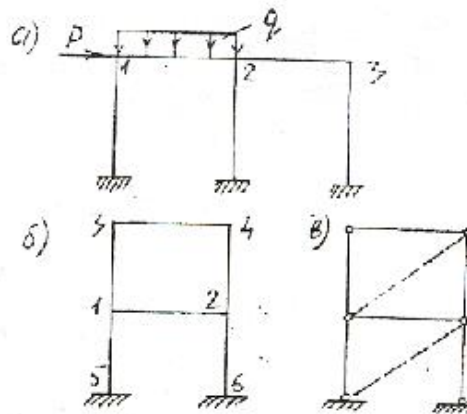
**Erkinmas ramalar.** Bunday ramalar tugunlarining chiziqli ko'chishi nolga teng bo'ladi ( $n_\delta=0$ ). Erkinmas ramalarning kinematik aniqmaslik darajasi ular tugunlarining burchakli ko'chishlar soniga teng bo'ladi. (6.2 – rasm).



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 aniqlik 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 mexanizmining erkinlik darajasi ramaning chiziqli ko'chishlari soniga teng. 6.3b – rasmda ko'rsatilgan ramaning kinematik aniqlik darajasi  $n = n_\varphi + n_\delta = 4 + 2 = 6$  bo'ladi.

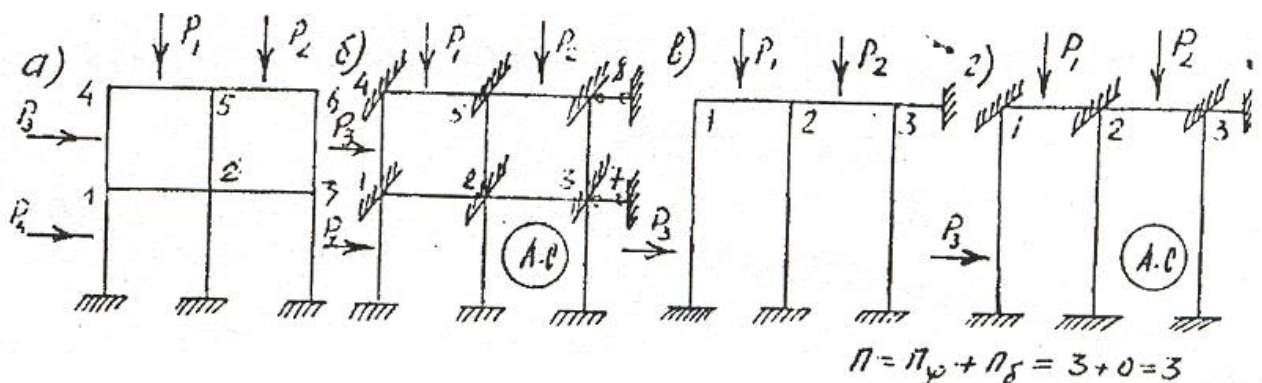


6.3 – rasm

### 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 printsipti 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, yahni

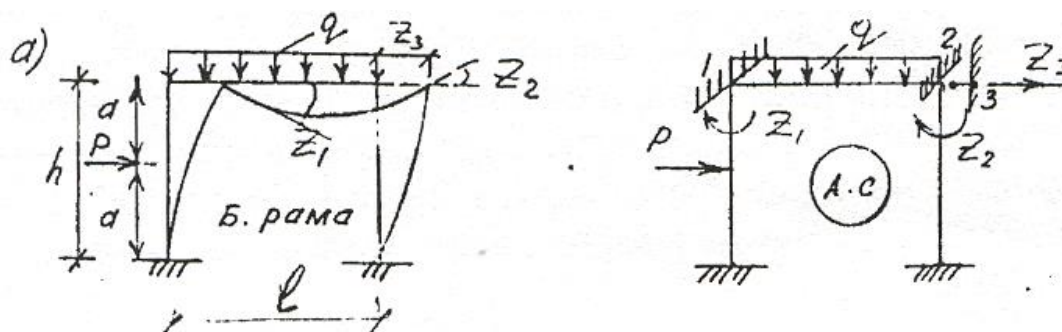
$$R_1=0; R_2=0; \dots R_n=0 \quad (6.2)$$

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 gorizontalko'chishiga qarshilik ko'rsatuvchi reaktiv zo'riqish kuchlarining yig'indisi.

Kuchlar ta'sirining mustaqillik printsiptiga asosan (6.2') sistemaning birinchi tenglamasini yoyib chiqamiz:

$$R_1 = R_{1Z_1} + R_{1Z_2} + R_{1Z_3} + R_{1P} \quad (6.2'')$$

Bunda birinchi indeks asosiy sistema bog'lanishlarining nomerini, ikkinchi indeks esa shu bog'lanishdagi reaksiyaning hosil bo'lish sababini ko'rsatadi.

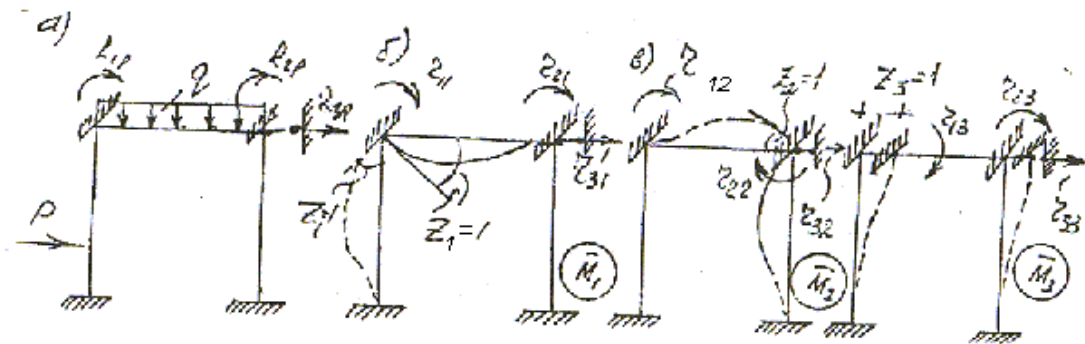
Masalan:  $R_1$  - birinchi bog'lanishida  $Z_1$  burchakli ko'chishdan hosil bo'lgan reaktiv moment va x.k.z...

$R_{1R}$  – asosiy sistema birinchi bog'lanishida tashqi kuchdan hosil bo'lgan reaktiv moment.

$R_{1Z_1}, R_{1Z_2}$  va  $R_{1Z_3}$  reaktiv moment va kuchlarni tegishli birlik ko'chishlardan hosil bo'lgan birlik reaksiya orqali quyidagicha ifodalaymiz:

$$R_{1Z_1} = r_{11}Z_1; \quad R_{1Z_2} = r_{12}Z_2; \quad R_{1Z_3} = r_{13}Z_3,$$

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

$$R_1 = r_{11}Z_1 + r_{12}Z_2 + r_{13}Z_3 + R_{1P} = 0$$

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 aniqmas 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:  $r_{ij}$  – 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. Birk 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?

31-32-33-ma'ruza.

Mavzu: Statik noaniq arkalarni hisoblash. Bir sharnirli statik aniqmas arka hisobi. Ikki sharnirli statik aniqmas arka hisobi. Statik aniqmas sharnirsiz arka hisobi (6 soat)

### Reja:

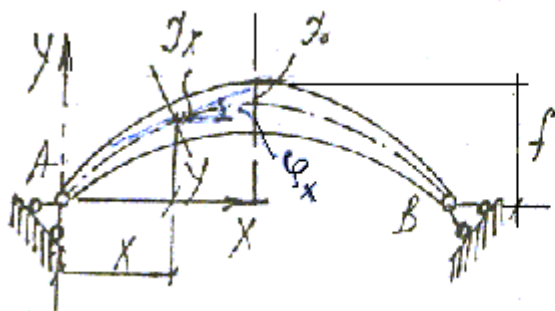
1. Ikki sharnirli statik aniqmas arka hisobi.
2. Statik noaniq arkalarni hisoblash.
3. Bir sharnirli statik aniqmas arka hisobi

### Tayanch so'z va iboralar:

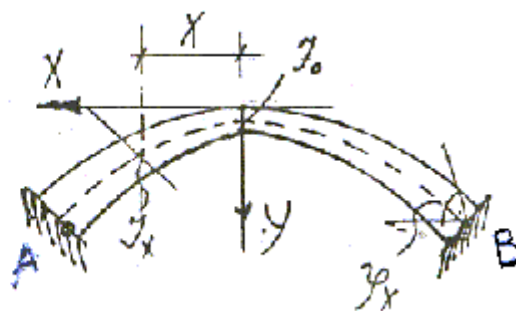
*Ikki sharnirli arka, sharnirsiz arka, kuch usuli, asosiy sistema, elastik markaz, bikr konsol.*

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

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



10.1 – rasm



10.2 – rasm

Statik aniqlamas arkalarini hisoblash kuchlar usuli yordamida bajariladi.

Ikki sharnirli arka ko'ndalang kesim inertsiya 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 inertsiya momenti;

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

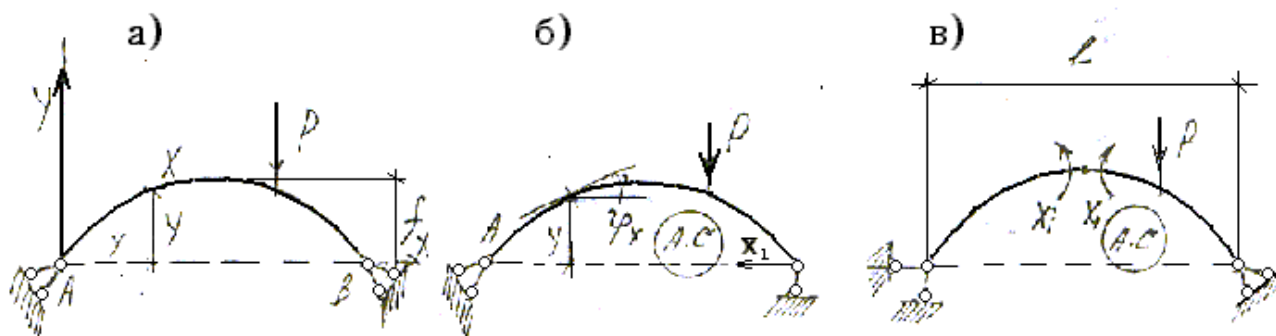
(10.1) ga ko'ra, arkaning ko'ndalang kesim balandligi tayanch kesimdan markaziy kesimgacha kattalashib boradi.

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 aniqlamas bo'lganligi tufayli, asosiy sistema tanlashning variantlari (10.3 b, v – rasmlar)ni tanlaymiz.

Kuch usulining kanonik tenglamasini yozamiz:

$$\delta_{11}X_1 + \Delta_{1R} = 0 \quad (10.3)$$

$\Delta_{1R}$  va  $\delta_{11}$  ko'chishlar Mor formulasidan topiladi.

$$\Delta_{1p} = \sum_0^s \int \frac{\bar{M}_1 M_p ds}{EI_x} + \sum_0^s \int \frac{\bar{N}_1 N_p ds}{EF_x}, \quad \delta_{11} = \sum_0^s \int \frac{\bar{M}_1^2 ds}{EI_x} + \sum_0^s \int \frac{\bar{N}_1^2 ds}{EF_x}, \quad (10.4)$$

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.

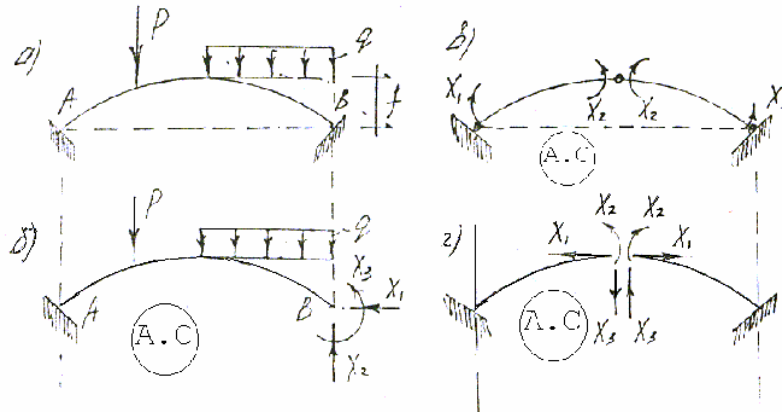
Noma'lum kuch  $X_1$  (10.3) tenglamadan aniqlangandan so'ng, arkaning ixtiyoriy  $K$  kesimida xosil bo'lgan zo'riqishlar quyidagi formulalarga asosan aniqlanadi.

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

$M_k^0$  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.

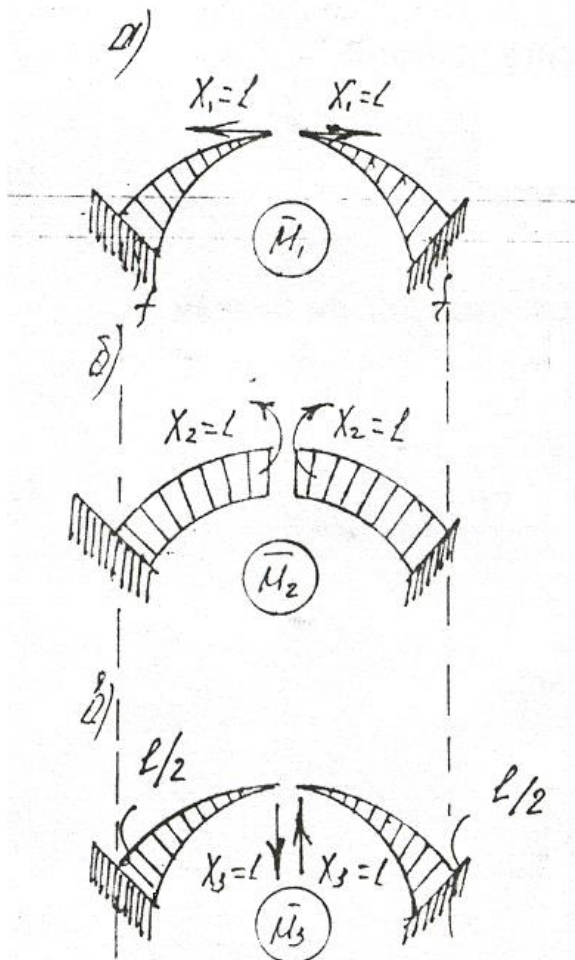
SHarnirsiz arka (10.4a-rasm) uch marta statik anikmas sistemadir.



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 (10.4-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:

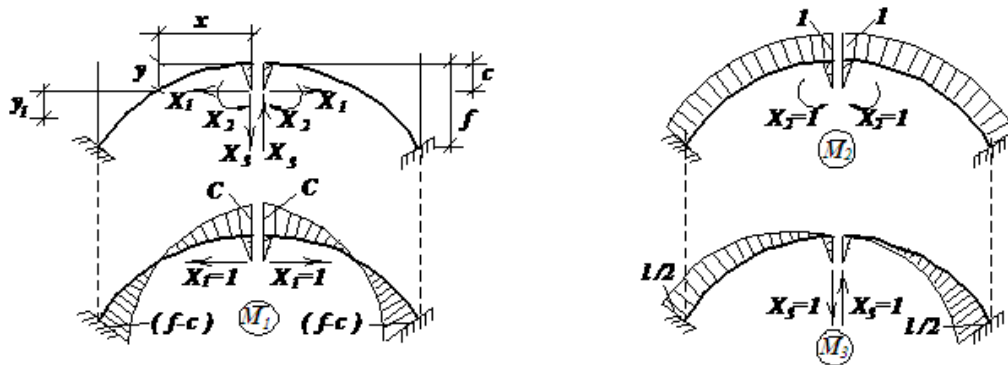
$$\left. \begin{aligned} \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \Delta_{1p} &= 0; \\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \Delta_{2p} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (a)$$

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

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.

$$\bar{M}_1 = -1(c-y), \quad \bar{M}_2 = 1; \quad \bar{M}_3 = 1 \cdot x, \quad \bar{N}_1 = -1 \cdot \cos \varphi, \quad \bar{N}_3 = 1 \cdot \sin \varphi_k,$$

$$\bar{Q}_1 = -1 \cdot \sin \varphi_k, \quad \bar{Q}_3 = 1 \cdot \cos \varphi_k \quad \text{Mor formulasiga asosan,}$$

$$\delta_{12} = \int_0^s \frac{\bar{M}_1 \bar{M}_2 ds}{EI} = - \int_0^s (c-y) \frac{ds}{EI} = 0, \quad (10.8)$$

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:

$$\delta_{11} = 2 \int_0^{s/2} \overline{M}_1^2 \frac{ds}{EI} + 2 \int_0^{s/2} \overline{N}_1^2 \frac{ds}{EF} = 2 \int_0^{s/2} y_1^2 \frac{ds}{EI} + 2 \int_0^{s/2} \text{Cos}^2 \varphi \frac{ds}{EF}; \quad (10.11)$$

$$\delta_{22} = 2 \int_0^{s/2} \frac{ds}{EI}; \quad \delta_{33} = 2 \int_0^{s/2} x^2 \frac{ds}{EI}; \quad (10.12)$$

$$\Delta_{1p} = - \int_0^s M_p y_1 \frac{ds}{EI}; \quad \Delta_{2p} = \int_0^s M_p \cdot 1 \frac{ds}{EI}; \quad \Delta_{3p} = \int_0^s M_p \cdot x \frac{ds}{EI}. \quad (10.13)$$

$\overline{Q}_1, \overline{Q}_3$  va  $N_R, Q_R$  lardan hosil bo'lgan ko'chishlar  $M_i$  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 aniklanadi:

$$\begin{aligned} M_k &= M_k^0 - X_1(c - y_k) + X_2 + X_3 \cdot x_k; \\ Q_k &= Q_k^0 - X_1 \text{Sin} \varphi_k + X_3 \text{Cos} \varphi_k; \\ N_k &= N_k^0 + X_1 \text{Cos} \varphi_k + X_3 \text{Sin} \varphi_k, \end{aligned} \quad (10.14)$$

bu yerda  $M_k^0$  va  $Q_k^0$  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 sohalari ayting?
2. Statik noaniq arkalar kesimlarining o'zgarishi uning qanday xususiyatiga bog'liq?
3. Ikki sharnirli va sharnirsiz arkalar ko'ndalang kesim inertiya 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 koeffisient va ozod hadlari qanday aniqlanadi?
7. Statik noaniq arkalarini hisoblashni soddalashtirish usullarini ayting.
8. Qaysi holatda kanonik tenglamalar sistemasining barcha yordamchi koeffitsentlari nolga teng bo'ladi?

9. Birk konsol uchi koordinatalari qanday aniqlanadi?

10. Ichki zo'riqishlardan qaysi biri eng katta qiymatlarga ega bo'lishi mumkin?

### Bir oraliqli statik aniqmas balka reaksiyalarini hisoblash

#### Reja:

Birlik epyuralarini chizish.

#### Tayanch so'z va iboralar:

Asosiy sistema, bir tomoni qistirilgan ikkinchi tayanchi sharnirli, tashqi yuklar, chiziqli ko'chish, burchakli ko'chish, tayanch momenti, reaksiyalar, jadval, statik usul, epyuralarni ko'paytirish usullari, birlik holat, tashqi yuk holati.

#### Birlik epyuralarini chizish

Yuqorida ko'rsatilgan asosiy sistema bir tomoni qistirilgan, ikkinchi tayanchi sharnirli yoki ikki tomoni qistirilgan elementlardan tashkil topgan.

Quyida biz shunday elementlarni har hil tashqi ta'sir xolatlarini (tanlab) ko'ramiz. Bu elementlar uchun eguvchi moment epyuralari va tayanch reaksiyalari kuch usulida topiladi.

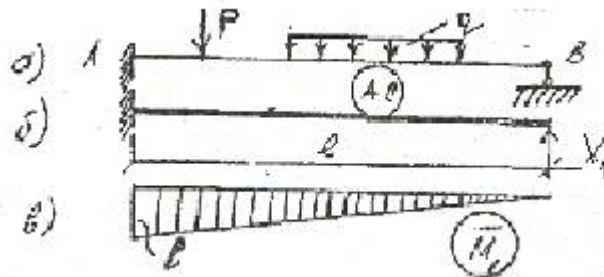
a) Bir tayanchi qistirilgan ikkinchi tayanchi sharnirli balka (7.1-rasm).

Kanonik tenglama

$$X_1 \delta_{11} + \Delta_{1m} = 0 \quad (7.1)$$

Birlik ko'chish

$$\delta_{11} = \frac{1}{EI} \cdot \frac{l \cdot l}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot l = \frac{l^3}{3EI}; \quad \delta_{11} = l^3 / 3EI$$



7.1-rasm

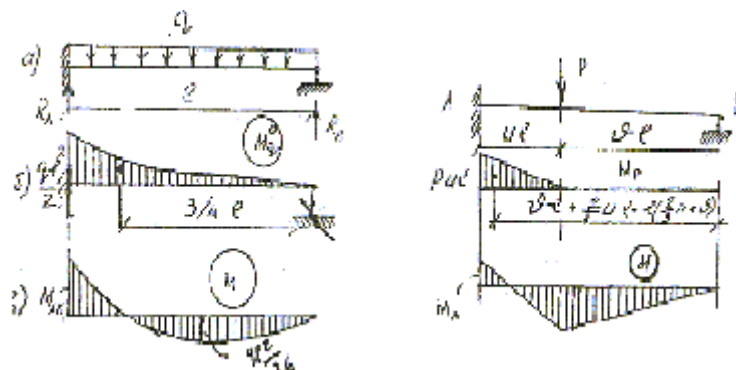
SHu balkaga har hil tashqi ta'sirlarni ko'ramiz:

1) tekis terilgan yuk (7.2-rasm)

$$\Delta_{1q} = (\overline{M}_1)(M_q^o) = -\frac{1}{EI} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{ql^2}{2} \cdot \frac{3}{4}l = -\frac{ql^4}{8EI};$$

(7.1) tenglamani yechib  $X_1$  noma'lumini topamiz:

$$X_1 = R_B = \frac{ql^4}{8EI} : \frac{l^3}{3EI} = \frac{ql}{8} \cdot 3 = \frac{3ql}{8};$$



**7.2-rasm**

A tayanchning reaksiyasi  $R_A + R_B - ql = 0$ ,

$$R_A = ql - R_B = \frac{5}{8} ql;$$

A tayanchning momenti

$$M_{AB} = -\frac{ql^2}{2} + R_B \cdot l = -\frac{ql^2}{2} + \frac{3}{8} ql \cdot l = -\frac{ql^2}{8};$$

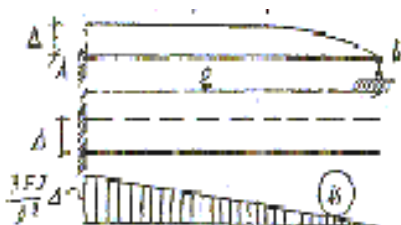
2) Yig'iq kuch R bilan yuklanish (7.3-rasm)

$$\Delta_{1P} = -\frac{1}{EI} \cdot \frac{pu^2 l^2}{2} \cdot l \left( \frac{2}{3}u + v \right); \quad \Delta_{1P} = -\frac{pu^2 l^2}{6EI} (3-u)$$

$ul + vl = l$  bo'lsa,  $v = l - u$

(7.1) tenglamadan  $X_1 = -\frac{\Delta_{1P}}{\delta_{11}} \quad R_A = -R_B + P = \frac{Pv}{2} (3 - v^2)$

A tayanchning momenti  $M_A = -P \cdot ul + \frac{Pu^2 \cdot l}{2} (3 - u) = -\frac{Pv \cdot l}{2} (1 - v^2)$

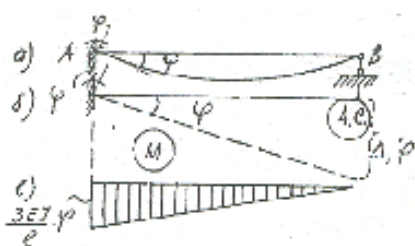


**7.4-rasm**

3) Qistirilgan tayanch  $\Delta$  kattalikka ko'chsin (7.4 -rasm). Ozod had  $\Delta_{1\Delta} = \Delta$  bo'ladi. (7.1) tenglamadan

$$R_B = X_1 = -\frac{3EI \cdot \Delta}{l^3} \quad R_A = -X_1 = \frac{3EI \cdot \Delta}{l^3}; \quad M_A = -\frac{3EI \cdot \Delta}{l^2}$$

4) qistirilgan tayanch  $\varphi$  burchakka burilsin (7.5 -rasm).



**7.5-rasm**

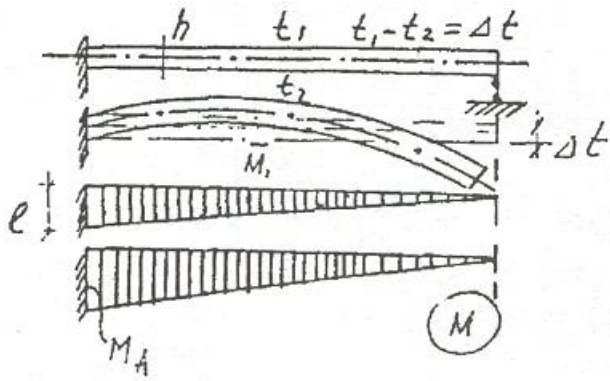
$$\frac{\Delta_{1\varphi}}{l} = \varphi; \quad \Delta_{1\varphi} = -\varphi l; \quad X_1 = R_B = \frac{3EI \cdot \varphi}{l^2};$$

$$R_A = -X_1 = -\frac{3EI \cdot \varphi}{l^2}; \quad M_A = \frac{3EI \cdot \varphi}{l};$$

5) Issiqlikning ta'siri (7.6-rasm)

$$\Delta t = t_1 - t_2; \quad \Delta_{1t} = \alpha \frac{t_1 - t_2}{h} \omega_m + \alpha \frac{t_1 - t_2}{2} \omega_N = (-\alpha \Delta / h) \omega_M = -\frac{\alpha \Delta t}{h} \cdot \frac{l^2}{2};$$





7.6-rasm

$$R_B = X_1 = -\frac{\Delta_{1l}}{\delta_{11}} = \frac{3\alpha\Delta t \cdot EI}{2hl}$$

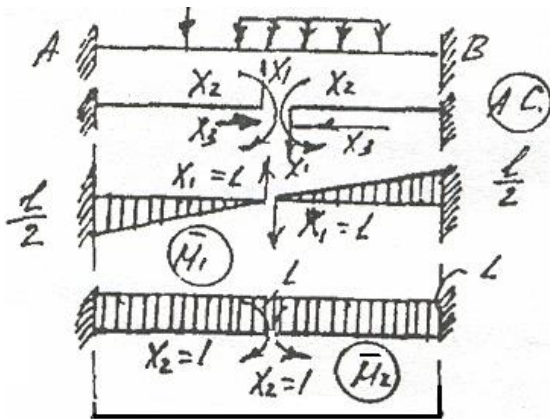
$$R_A = -R_B = -3\alpha\Delta t \cdot EI / 2hl$$

6) Ikki tayanchi qistirilgan balka (7.7 –rasm)

Bunday balkalar uchun kanonik tenglamalar sistemasi quyidagicha bo'ladi:

$$\left. \begin{aligned} X_1\delta_{11} + \Delta_{1m} &= 0, \\ X_2\delta_{22} + \Delta_{2m} &= 0. \end{aligned} \right\}$$

Qolgan yordamchi ko'chishlar va  $X_3$  noma'lum nolga teng bo'ladi.



7.7-rasm

$$\delta_{11} = \frac{l}{EI} \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{l}{2} \cdot 2 = \frac{l^3}{12EI};$$

$$\delta_{22} = \frac{1}{EI} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = \frac{l}{EI};$$

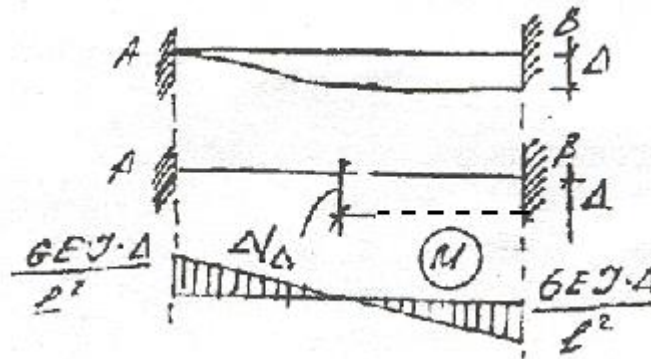
SHunday balkalarga har hil tashqi ta'sirlarni ko'ramiz:

Bir tayanchini  $\Delta$  kattalikka siljishi (7.8-rasm).

$$\Delta_{1\Delta} = \Delta; \Delta_{2\Delta} = 0;$$

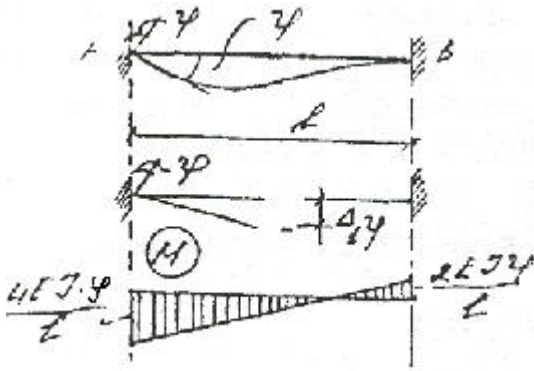
(7.2) tenglamalarni yechib, topamiz

$$X_1 = -\frac{12EI \cdot \Delta}{l^3}; X_2 = 0$$



7.8-rasm

7) A tayanchini  $\varphi$  burchakka burilishi (7.9-rasm)



7.9-rasm

$$\frac{\Delta_{1\varphi}}{l/2} = \varphi; \quad \Delta_{1\varphi} = -\frac{\varphi l}{2}; \quad \Delta_{2p} = \varphi.$$

$$X_1 = \frac{-\Delta_{1\varphi}}{\delta_{11}} = \frac{\varphi l}{2} \cdot \frac{l^3}{12EI} = \frac{6EI \cdot \varphi}{l^2};$$

$$X_2 = -\frac{\Delta_{2\varphi}}{\delta_{22}} = -\frac{\varphi}{1} \cdot \frac{l}{EI} = -\frac{EI \cdot \varphi}{l};$$

$$R_B = X_1 = \frac{6EI \cdot \varphi}{l^2}; \quad R_A = -X_2 = -\frac{6EI \cdot \varphi}{l^2};$$

$$M_A = \frac{6EI\varphi}{l^2} \cdot \frac{l}{2} - X_2 = \frac{3EI \cdot \varphi}{l} + \frac{EI\varphi}{l} = \frac{4EI\varphi}{l};$$

$$M_B = -2EI \cdot \varphi / l.$$

va boshqa tashqi ta'sirlar.

### Mustaqil ishlash va nazorat savollari:

1. Yuklanmagan oraliqlarning tayanch momentlari qanday topiladi?
2. Berilgan balkaning birinchi oralig'i yuklangan bo'lsa, moment fokuslari usuli qanday qo'llaniladi?
3. Moment fokuslari usulini qo'llash tartibini ayting?

### Birlik reaksiyalarni o'zaro bog'lanish teoremasi. Birlik reaksiya va birlik ko'chishlarning o'zaro bog'lanish teoremasi

#### Reja:

1. Kanonik tenglama koeffisientlari va ozod hadlarini aniqlash.
2. Kanonik tenglamalar sistemasini yechish.
3. Eguvchi moment epyurasini qurish va tekshirish.
4. Kesib o'tuvchi va bo'ylama kuchlar epyuralarini qurish.
5. Epyuralarni tekshirish.

#### Tayanch so'z va iboralar:

*Asosiy sistema, bir tomoni qistirilgan ikkinchi tayanchi sharnirli, tashqi yuklar, chiziqli ko'chish, burchakli ko'chish, tayanch momenti, reaksiyalar, jadval, statik usul, epyuralarni ko'paytirish usullari, birlik holat, tashqi yuk holati.*

### Kanonik tenglama koeffisientlari va ozod hadlarini aniqlash. Kanonik tenglamalar sistemasini yechish.

Kanonik tenglamalar sistemasining koeffisientlari va ozod hadlarini topish uchun avvalo asosiy sistema uchun eguvchi moment epyuralarini birlik noma'lum ko'chishlardan va tashqi yuklardan qurish kerak. Buni tayyor tablitsa yordamida bajarish mumkin.

Barcha koeffisientlar va ozod hadlarni ikki guruhga ajratish mumkin:

a) kiritilgan qistirilgan tayanchlardagi reaktiv momentlar; b) kiritilgan chiziqli sterjenlardagi reaktiv kuchlar.

Qistirilgan tayanchlardagi reaktiv momentlar va ozod hadlar tugunlarni kesib quyidagi muvozanat tenglamalaridan topiladi:

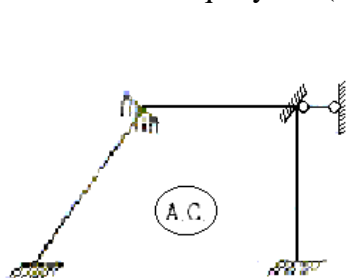
$$\Sigma M = 0.$$

Reaktiv kuchlar quyidagi formuladan topiladi:

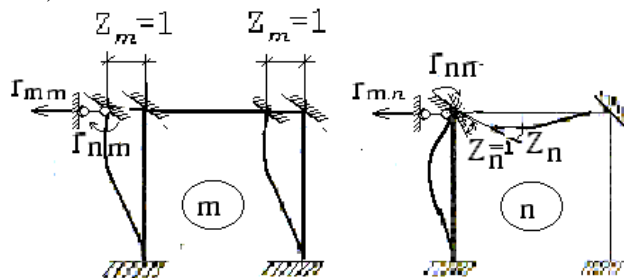
$$\Sigma T = 0.$$

Kanonik tenglamalar sistemasining koeffitsientlari va ozod hadlarini epyuralarni ko'paytirish usulida topish.

Asosiy sistema 8.1-rasmda ko'rsatilgan holatlarda qo'shimcha bog'lanishlardagi reaksiyalarni mos epyuralarni ko'paytirish usulida topish qo'laydir. Ko'chish usulining asosiy sistemasini ikki xolatini qaraymiz (8.2-rasm).



8.1-rasm



8.2-rasm

“n” xolatidagi kuchlarni “m” xolatidagi ko'chishlarida bajargan ishni  $A_{nm}$  eguvchi momentlar orqali ifodalaymiz.

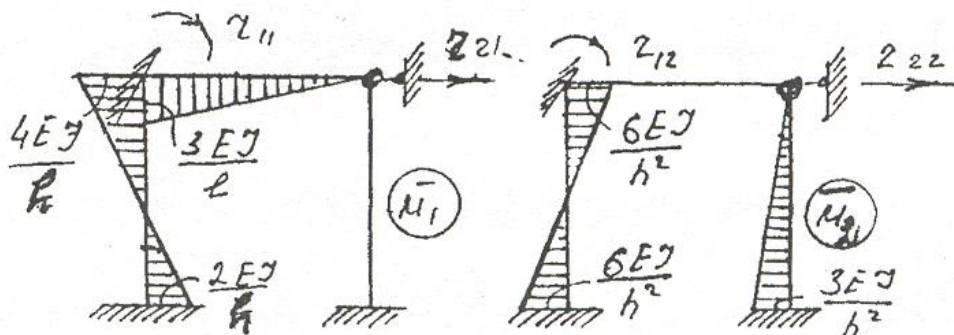
$$A_{nm} = r_{mn} \cdot 1 = \sum \int \frac{\bar{M}_m \bar{M}_n ds}{EI} \quad \text{bu yerdan} \quad r_{mn} = \sum \int \frac{\bar{M}_m \bar{M}_n ds}{EI} \quad (8.1)$$

Ishlarning o'zaroligi teoremasiga asosan:

$$A_{nm} = A_{mn}, \text{ lekin } A_{nm} = \Gamma_{nm} \cdot 1; A_{mn} = \Gamma_{mn} \cdot 1; \text{ u holda } \Gamma_{nm} = \Gamma_{mn} \quad (8.2)$$

bu reaksiyalarning o'zaroligi teoremasi.

$r_{12}$  va  $r_{22}$  koeffitsientlarini quyidagi rama misolida aniqlaymiz (8.3-rasm).



8.3 – rasm

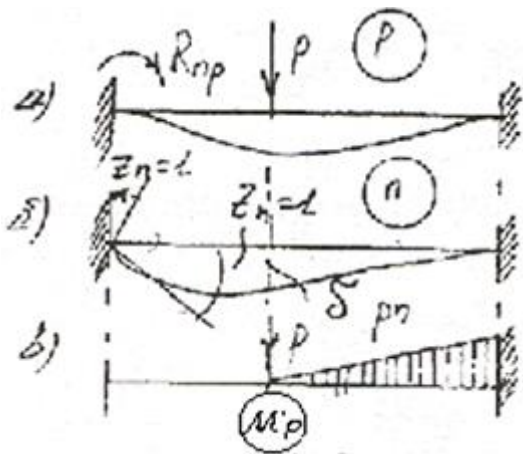
$$r_{12} = \sum \int \frac{\bar{M}_1 \bar{M}_2 ds}{EI} = \frac{h}{6EI} \left( -2 \cdot \frac{2EI}{h} \cdot \frac{6EI}{h^2} - 2 \cdot \frac{4EI}{h} \cdot \frac{6EI}{h^2} + \frac{2EI}{h} \cdot \frac{6EI}{h^2} + \frac{6EI}{h^2} \cdot \frac{4EI}{h} \right) =$$

$$= \frac{h}{6EI} \left[ -\frac{12(EI)^2}{h^3} - \frac{24(EI)^2}{h^3} \right] = -\frac{36EI}{6h^2} = -\frac{6EI}{h^2}$$

statik usuldagi qiymati bilan mos keladi.

$$r_{22} = (\bar{M}_2)(\bar{M}_2) \text{ dan aniqlanadi.}$$

Tashqi yuklardan reaksiyani aniqlash uchun asosiy sistema ikki holatini qaraymiz: yuk holati “R” va birlik holat “n” (8.4-rasm).



8.4-rasm

“R” holatidagi tashqi kuchlarning “n” xolatidagi ko’chishlarida bajargan ishi

$$A_{pn} = p \cdot \delta_{pn} + R_{np} \cdot 1,$$

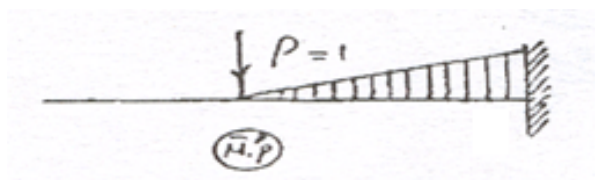
“n” xolatidagi kuchlarning “R” xolatidagi ko’chishlarida bajargan ishi  $A_{nr}=0$ .  $A_m = A_{nr}$  – sababli,  $R_{nr} = -r \cdot \delta_{rn}$ , bu yerda  $\delta_{rn}$  statik aniqmas asosiy sistemada R kuchi yo’nalishida “n” xolatidagi ko’chishi.  $R=1$  da bu nisbat quyidagi ko’rinishga keladi (8.4 – rasm.):

$$r_{nr} = -\delta_{rn} \quad (8.3)$$

bu reaksiya va ko’chishlarning o’zaroligi teoremasi bo’ladi.  $\delta_{rn}$  ni aniqlash uchun  $\bar{M}'_p$  epyurani (8.5 – rasm)

$\bar{M}'_n$  epyurasiga ko’paytiriladi.

$$\delta_{pn} = \sum \int \frac{\bar{M}'_p \bar{M}'_n dx}{EI} \quad \text{yoki} \quad R_{np} = -p \delta_{pn} = \sum \int \frac{\bar{M}'_p \bar{M}'_n ds}{EI}$$



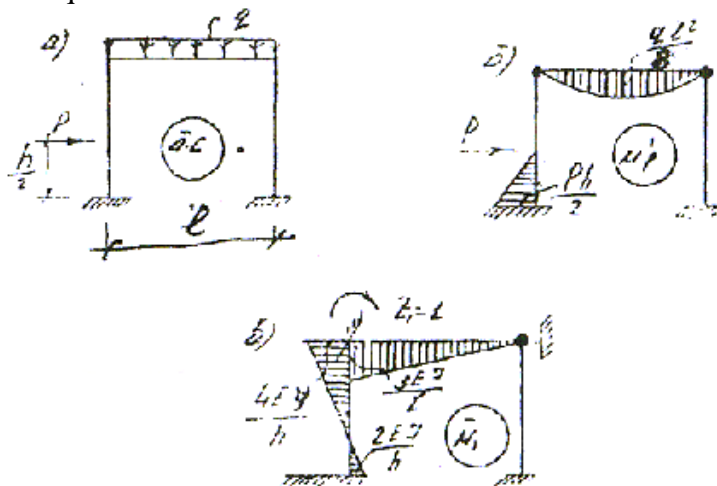
8.5-rasm

Agar  $p \cdot \bar{M}'_p = M'_p$  bo’lsa, u holda

$$R_{np} = -\sum \int \frac{\bar{M}'_p \bar{M}'_n ds}{EI} \quad \text{bo’ladi. } \bar{M}'_p \text{ - statik aniq}$$

sistemaning tashqi yukdan eguvchi moment ordinatalari (shu jumladan “n” bog’lanishi albatta tashlab yuboriladi.)

Misol:  $R_{1R}$  reaksiyasi aniqlansin?



8.6 – rasm

$$R_{1p} = -\sum \int \bar{M}'_1 \frac{M'_p ds}{EI} = -\frac{2}{3} \frac{ql^2}{8} \cdot l \cdot \frac{1}{EI} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{3EI}{l} + \frac{1}{2} \cdot \frac{ph}{2} \cdot \frac{h}{2} \cdot \frac{1}{EI} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2EI}{h} = -\frac{ql^2}{8} + \frac{ph}{8}$$

**Eguvchi moment epyurasini qurish va tekshirish. Kesib o’tuvchi va bo’ylama kuchlar epyuralarini qurish. Epyuralarni tekshirish.**

Berilgan rama uchun eguvchi momentlar epyurasini, avval aniqlangan  $Z_i$  ko’chishlarni tegishli  $M_i$  birlik eguvchi momentlar epyurasining ordinatalariga ko’paytirib (to’g’rilangan epyuralar) hamda tashqi kuchlardan asosiy sistemada hosil bo’lgan  $M'_p$  eguvchi momentlar epyurasining ordinatalariga qo’shib qurish mumkin, ya’ni:

$$M = M'_p + \bar{M}_1 Z_1 + \bar{M}_2 Z_2 + \dots + \bar{M}_n Z_n \quad (8.4)$$

M epyurasining to'g'riligi kuchlar usulidagi kabi usullarda tekshiriladi. Asosiy tekshirish statik tekshirish bo'ladi:

$$\sum M = 0.$$

M epyurasi bo'yicha, kuch usulidagi kabi Q va N epyuralari quriladi. Ular uchun ham asosiy tekshirish statik tekshirish bo'ladi.

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

1. Asosiy sistema elementlari qanday tashqi ta'sirlar ta'sirida bo'ladi ?
2. Asosiy sistema elementlariga kinematik ta'sirlardan moment va reaksiyalarni aniqlashni ko'rsating?
3. Ko'chish usuli asosiy sistemasining elementlari qanday hisoblanadi?
4. Birlik epyuralar qanday quriladi?
5. Birlik epyuralarni qaysi maqsadda quriladi?
6. Koeffisient va ozod hadlarni topishda statik usul qanday bajariladi ?
7. Koeffisient va ozod hadlarni aniqlashda kinematik usul qanday bajariladi ?
8. Kanonik tenglamalar sistemasining koeffisient va ozod hadlari qachon nolga teng bo'ladi?
9. Koeffisient va ozod hadlarni tekshirish ko'chish usulida qanday bajariladi ?
10. Ko'chish usuli kanonik tenglamalari noma'lumlarini aniqlash kuch usulidan qanday farq qiladi?

### **Kanonik tenglama koeffisientlari va ozod hadlarni aniqlash. Statik usul. epyuralarni Ko'paytirish usuli. Ramalarni M, Q va N epyuralarni qurish.**

#### **Reja:**

1. Kuchlar va ko'chishlar usullarini taqqoslash.
2. Aralash usul.
3. Asosiy sistema tanlash.
4. Aralash usulning noma'lumlari va kanonik tenglamalari.

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

*Kuch usuli asosiy sistemasi, ko'chish usuli asosiy sistemasi, koeffisientlar, ko'chishlardan ko'chishlar, ko'chishlardan zo'riqishlar, kuchlardan ko'chishlar, kuchlardan reaksiyalar, kinematik usul, aralash usul.*

### **Kuchlar va ko'chishlar usullarini taqqoslash.**

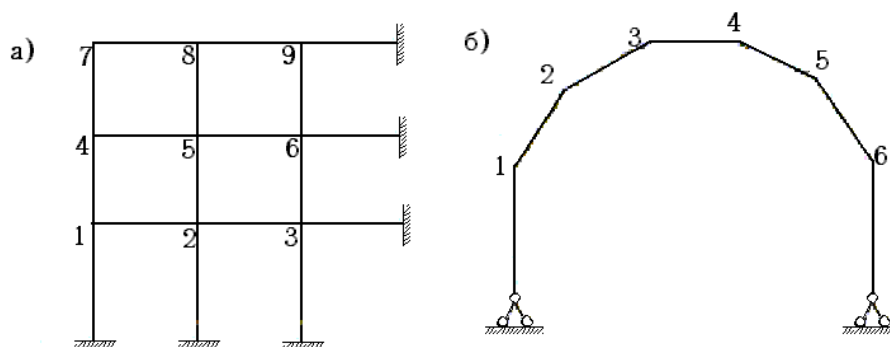
Kuchlar usuli bilan ko'chishlar usulining hisoblash printsiplarida quyidagi o'xshashliklar va farqlar bor:

1. Kuchlar usulining asosiy sistemasini tanlashda berilgan ramani ortiqcha bog'lanishlardan ozod etiladi. Ko'chishlar usulida esa, aksincha, asosiy sistema tanlash uchun berilgan rama tugunlariga qo'shimcha bog'lanishlar qo'yiladi (kiritiladi).
2. Kuchlar usulida tashlab yuborilgan ortiqcha bog'lanishlarning ta'sirini noma'lum  $X_1, X_2, \dots, X_n$  zo'riqishlar bilan almashtiriladi. Ko'chishlar usulida esa, rama tugunlariga qo'yilgan qo'shimcha bog'lanishlarga noma'lum  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$  ko'chishlari qo'yiladi.
3. Kuchlar usuli kanonik tenglamalari har bir noma'lum zo'riqish yo'nalishi bo'yicha tashqi yuk va hamma noma'lum zo'riqishlardan asosiy sistemada hosil bo'lgan ko'chishlarning yig'indisi nolga tengligini ifodalaydi. Ko'chishlar usulining kanonik tenglamalari esa, asosiy sistema uchun har bir kiritilgan bog'lanishlarda tashqi yuk va noma'lum ko'chishlardan hosil bo'lgan reaksiyalarning yig'indisi nolga tengligini ifodalaydi.
4. Ikkala usulda ham kanonik tenglamalardagi koeffisientlarni aniqlash uchun birlik eguvchi moment epyuralaridan foydalaniladi. Kuchlar usulida asosiy sistema uchun tashqi yuk va birlik noma'lum zo'riqishlar ta'siridan hosil bo'lgan eguvchi moment epyuralari quriladi. Ko'chishlar usulida esa, asosiy sistema uchun tashqi yuk va birlik ko'chishlardan hosil bo'lgan eguvchi moment epyuralari quriladi.
5. Rama eguvchi moment epyurasi ikkala usulda ham bir hil printsipta chiziladi.

Kuchlar va ko'chishlar usullarini taqqoslash natijasida quyidagi xulosalarga kelish mumkin:

Ramalarni ko'chishlar usuli bilan hisoblash kuchlar usuliga nisbatan qulaydir, chunki ko'chishlar usulining asosiy sistemasi yagonadir, kuchlar usulining asosiy sistemasi esa bir necha variantda bo'lishi mumkin. Ko'chishlar usulining asosiy sistemasi uchun tashqi yuk va birlik eguvchi moment epyuralari sodda va o'zgarmas ko'rinishga ega, kuchlar usulida esa bu epyuralar murakkab ko'rinishda bo'ladi.

Aytilgan afzalliklar hamma ramalar uchun ham to'g'ri bo'lmaydi (9.1 – rasm).



**9.1-rasm**

Ko'chishlar usulida– 9 noma'lum;  
Kuchlar usulida –27 noma'lum;

Ko'chishlar usulida-11 noma'lum;  
Kuchlar usulida – 1 ta noma'lum bo'ladi.

**Aralash usul.**

Aralash usul bilan statik aniqmas ramalarni hisoblashda ramaning bir qismi uchun kuch usuli, ikkinchi qismi uchun ko'chishlar usuli ishlatiladi.

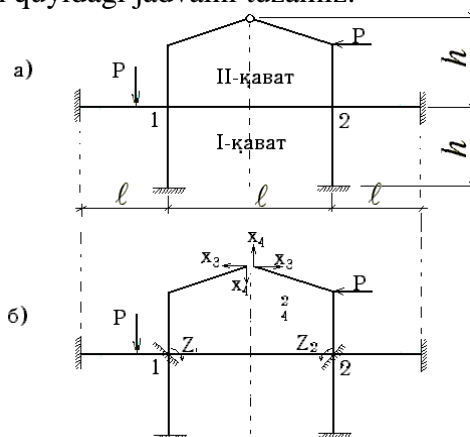
Aralash usulni 1927 yili prof. A. A. Gvozdev tavsiya etgan.

Bu usulda asosiy sistema tanlash uchun ramaning bir qismidan ortiqcha bog'lanishlarni yo'qotib, ikkinchi qismiga qo'shimcha bog'lanishlar qo'yish kerak.

Ramaning bir qismida noma'lum  $X_1, X_2, \dots, X_n$  zo'riqishlar bo'lsa, ikkinchi qismida esa  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$  ko'chishlar ishtirok etadi. Bu bilan hisoblash ancha osonlashadi.

Aralash usulining hisoblash nazariyasini, 9.2 – rasmda ko'rsatilgan rama misolida ko'rib chiqamiz.

Hisoblash usulini tanlash uchun quyidagi jadvalni tuzamiz.



**9.2.-rasm**

Noma'lumlar soni		
Qavat	Kuchlar usuli bo'yicha	Ko'chishlar usuli bo'yicha
I – qavat	9	2
II – qavat	2	4
Jami:	11	6

Bu rama faqat kuchlar usuli bilan hisoblansa 11 marta statik aniqlama bo'ladi. Faqat ko'chishlar usuli bilan hisoblansa 6 marta kinematik aniqlama bo'ladi.

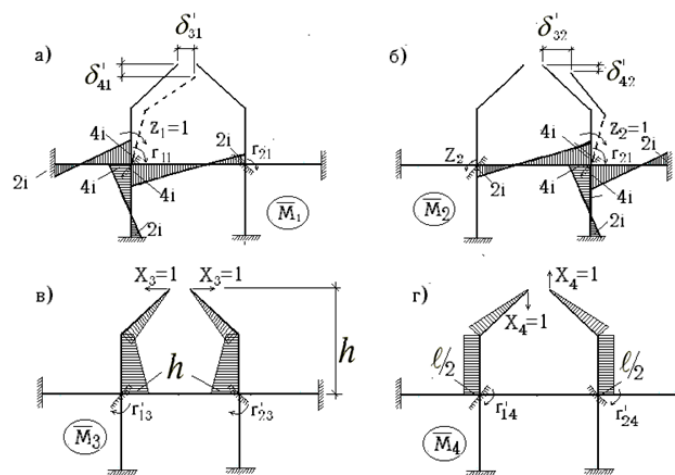
Agar ramaning birinchi qavatini ko'chishlar, ikkinchi qavatini kuch usuli bilan hisoblansa (aralash usul), umumiy noma'lumlar soni 4 ga teng bo'ladi, ya'ni, birinchi qavatning ikkita tugunlaridagi  $Z_1, Z_2$  ko'chishlari va ikkinchi qavatning sharniridagi  $X_3, X_4$  zo'riqlashlar noma'lum bo'ladi.

Aralash usulning asosiy sistemasi 9.2b – rasmda ko'rsatilgan.

Kanonik tenglamalar sistemasi quyidagicha bo'ladi:

$$\left. \begin{aligned} r_{11}Z_1 + r_{12}Z_2 + r'_{13}X_3 + r'_{14}X_4 + R_{1p} &= 0, \\ r_{21}Z_1 + r_{22}Z_2 + r'_{23}X_3 + r'_{24}X_4 + R_{2p} &= 0, \\ \delta'_{31}Z_1 + \delta'_{32}Z_2 + \delta_{33}X_3 + \delta_{34}X_4 + \Delta_{3p} &= 0, \\ \delta'_{41}Z_1 + \delta'_{42}Z_2 + \delta_{43}X_3 + \delta_{44}X_4 + \Delta_{4p} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (9.1)$$

Asosiy sistema uchun birlik eguvchi moment epyuralari quyidagicha bo'ladi:



9.3-rasm

Bu tenglamalar har bir hadining mazmunini uning birinchi tenglamasidan boshlab ko'ramiz:  $r_{11}Z_1$ —asosiy sistema birinchi bokr bog'lanishini  $Z_1$  burchakka burilishdan hosil bo'lgan reaksiya;  $r_{12}Z_2$ —asosiy sistema birinchi bokr bog'lanishida ikkinchi bokr bog'lanishini  $Z_2$ , burchakka burilishidan hosil bo'lgan reaksiya;

$r_{113}X_3$ —asosiy sistema birinchi bokr bog'lanishini  $X_3$  burchakka burilishidan hosil bo'lgan reaksiya;

$r_{114}X_4$  —xuddi shunday,  $X_4$  kuchidan hosil bo'lgan reaksiya;

Sanab o'tilgan reaksiyalar yig'indisi nolga teng, chunki aslida bunday bokr bog'lanish yo'q, demak ularning reaksiyalari ham yo'q. SHunday qilib birinchi tenglama statika tenglamasi hisoblanadi.

Ikkinchi tenglama ham shunday mazmunni bildiradi.

Uchinchi tenglamani ko'ramiz va uning har bir hadi mazmunini belgilaymiz:

$\delta'_{31}Z_1$  —asosiy sistema  $X_3$  kuchi yo'nalishida, birinchi bokr bog'lanishni  $Z_1$  qiymatga burilishidan hosil bo'lgan ko'chish;

$\delta'_{32}Z_2$  —asosiy sistema  $X_3$  kuchi yo'nalishida, ikkinchi bokr bog'lanishni  $Z_2$  burilishidan hosil bo'lgan ko'chish;

$\delta_{33}X_3$ —asosiy sistema  $X_3$  kuchi yo'nalishida  $X_3$  kuchidan ko'chish;

$\delta_{34}X_4$  —asosiy sistema  $X_3$  kuchi yo'nalishda  $X_4$  kuchidan ko'chish;

$\Delta_{3p}$  —asosiy sistema  $X_3$  kuchi yo'nalishida tashqi yuklardan ko'chish.

Aytilgan ko'chishlar yig'indisi nolga teng, chunki aslida ramaning bu sharnirli tuguni qirqilmagan,  $X_3$  kuchi qo'yilgan nuqta ko'chmaydi. SHunday qilib, uchinchi tenglama ko'chishlar yig'indisi nolga tengligini ifodalaydi; uni kinematika tenglamalari deb atash mumkin.

To'rtinchi tenglama ham huddi shunday mazmunini ifodalaydi.

Aralash usulining kanonik tenglamalar sistemasidagi koeffisientlar to'rt toifaga bo'linadi:

1. Asosiy sistemada birlik ko'chishlar  $Z_1=1$  va  $Z_2=1$  (9.3 a, b-rasm) dan hosil bo'lgan reaksiyalarni ifodalovchi koeffisientlar  $r_{11}$ ,  $r_{12}=r_{21}$ ,  $r_{22}$ . Bu koeffisientlar ko'chishlar usulida aytilgan qoidalarga asosan aniqlanadi.

2. Birlik noma'lum kuchlardan  $X_3=1$ ,  $X_4=1$  dan hosil bo'lgan reaksiyalarni ifodalovchi koeffisientlar (9.3v,g – rasm):

$$r'_{13}, \quad r'_{14}, \quad r'_{23}, \quad r'_{24}$$

3. Asosiy sistemada noma'lum zo'riqishlar yo'nalishi bo'yicha birlik ko'chishdan hosil bo'lgan ko'chishlarni ifodalovchi koeffisientlar (9.3a,b –rasm):

$$\delta'_{31}, \quad \delta'_{32}, \quad \delta'_{41}, \quad \delta'_{42}$$

4. Asosiy sistemada  $X_3=1$ ,  $X_4=1$  birlik kuchlardan hosil bo'lgan ko'chishlar:

$$\delta_{33}, \delta_{34} = \delta_{43}, \delta_{44}.$$

Bu koeffisientlar kuchlar va ko'chishlar usullarida tahriflangan qoidalarga asosan aniqlanadi.

Birlik ko'chishlar bilan birlik reaksiyani o'zaro bog'lovchi teorema ko'ra  $r'_{13} = -\delta'_{31}$  va  $r'_{14} = -\delta'_{41}$  bo'ladi.

Bizning holda:

$$r'_{13} = h; \quad r'_{23} = -h; \quad r'_{14} = -\frac{l}{2}; \quad r'_{24} = -\frac{l}{2}; \quad \delta'_{13} = -h; \quad \delta'_{23} = \frac{l}{2}; \quad \delta'_{24} = \frac{l}{2};$$

SHunday qilib, birlik ko'chishlardan hosil bo'lgan ko'chishlar kinematika qoidasigan (yoki geometrik nisbatlar orqali), birlik kuchlardan hosil bo'lgan kiritilgan bog'lanishlardagi zo'riqishlar– statika qoidasi bo'yicha topiladi. Kanonik tenglamalarning ozod hadlari ham kuchlar va ko'chishlar usullarida ko'rsatilganidek hisoblanadi.

Rama eguvchi momentlarining umumiy epyurasini chizish uchun quyidagi formuladan foydalanishi mumkin:

$$M_{yM} = M_p^o + \overline{M}_1 Z_1 + \overline{M}_2 Z_2 + \overline{M}_3 X_3 + \overline{M}_4 X_4. \quad (9.2)$$

#### Mustaqil ishlash va nazorat savollari:

2. Kuch usuli va ko'chish usuli noma'lumlari qanday xususiyatlari bo'yicha farq qiladi?
3. Qanday sistemalarni kuch usulida va qanday sistemalarni ko'chish usulida xisoblash qulay bo'ladi?
4. Aralash usulning qanday afzalliklari bor?
5. Aralash usul koeffisientini aniqlashda qachon statik va qachon kinematik usul qo'llaniladi?
6. Aralash usulda nechta usul ishtirok etadi?
7. Aralash usulda kanonik tenglama koeffisientlarini aniqlashning statik usulini ko'rsating?
8. Bu usulda koeffisientlarni hisoblashning kinematik usulini ko'rsating?
9. Birlik noma'lum kuchlardan hosil bo'lgan reaksiyalar qanday belgilanadi?
10. Asosiy sistemada noma'lum zo'riqishlar yo'nalishi bo'yicha ko'chishdan hosil bo'lgan ko'chishlarni ifodalovchi ko'chish qanday ifodalanadi?
11. Birlik ko'chish va birlik reaksiyalarni o'zaroligi haqidagi teorema qanday ifodalanadi?



## ADABIYOTLAR

1. Odilxo'jaev E. A., G'ulomov T. U., Abdukamilov T. K., «Qurilish mexanikasi», Toshkent, O'qituvchi, 1985.
2. Odilxo'jaev E. A., G'ulomov T. U., Abdukamilov T. K., «Qurilish mexanikasidan misol va masalalar», Toshkent, O'qituvchi, 1974.
3. Darg'kov A. V., i dr. «Stroitelg'naya mexanika», Moskva, Vqsshaya shkola, 1986.
4. Snitko N. K., «Stroitelg'naya mexanika», Moskva, Vqsshaya shkola, 1980.
5. Kiselyov V. A., «Stroitelg'naya mexanika», Moskva, Stroyizdat, 1986.
6. Kleyn G. K. i dr. «Rukovodstvo k prakticheskim zanyatiyam po kursu stroitelg'noy mexaniki (statika)», Moskva, Vqsshaya shkola, 1972.
7. Kleyn G. K. i dr. «Rukovodstvo k prakticheskim zanyatiyam po kursu stroitelg'noy mexaniki (dinamika i ustoychivostg' soorujeniy)», Moskva, Vqsshaya shkola, 1972.
8. Abdurashidov K. S. va boshqalar, «Qurilish mexanikasi», Toshkent, O'zbekiston, 1999.
9. Sargsyan A. Ye. i dr., «Stroitelg'naya mexanika», Moskva, ASV, 1998.
10. Anoxin N. N., «Stroitelg'naya mexanika v primerax i zadachax», CHastg' 1, CHastg' 2, Moskva, 2000.
11. To'raev X. SH. va boshqalar, «Qurilish mexanikasi (Nazariy asoslar va amaliy masalalar)», Toshkent, «Moliya», 2002.

## Mustaqil ta'lim mavzulari

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 bikrlilik matritsasini aniqlash.
24. Ramalarni chekli elementlar yordamida hisoblash.
25. Plastinkasimon konstruksiyalarni chekli elementlar yordamida hisoblash.

**Gossariy**  
**ASOSIY SHARTLI BELGILAR**

W -	erkinlik darajasi soni, ichki kuchlarning haqiqiy bajargan ishi.
V -	sistemalarning o'zgaruvchanlik darajasi, tashqi uchlarning haqiqiy ishi.
D -	disklar soni
SH -	oddiy sharnirli soni.
$S_t$ -	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 koeffitsenti.
$\ell$ -	'rolet uzunligi.
h -	ko'ndalang kesim balandligi.
b -	ko'ndalang kesim eni.
A -	ko'ndalang kesim maydoni, tashqi kuchlarning mumkin bo'lgan ishi.
$A_b$ -	vertikal sterjenining ko'ndalang kesim maydoni.
$A_r$ -	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 .... o'rlarda 'aydo 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 'aydo bo'ladigan reaksiyalarning gorizontal tashkil etuvchilari. O'ng tomonga yo'nalgan reaksiyalar musbat qabul qilinadi.
N, ( $N_t$ ) -	keruvchi reaksiya (tortqidagi zo'riqish). 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 ji'slashuvi tayanchlarning bikrlik 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 gorizontaal ko'chishi. O'ng tomonga ko'chish musbat qabul qilinadi.
$y_k (y_k)$	k nuqtaning vertikal ko'chish. Yuqoriga ko'chish musbat qabul qilinadi.
$\Delta_k$	K nuqtaning to'liq ko'chishi, quydagi formuladan to'iladi. $\Delta_k = \sqrt{X^2_k + Y^2_k}$
$\varphi_k$	k nutada kesimning buralish burchagi. Kesimining soat strelkasi bo'yicha buralishi musbat qabul qilinadi.
$X_{KN} (X_{KN})$	K va N nuqtalari o'zaro gorizontaal 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, Bikir 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 gorizontaal yo'nalishlarda reaksiya kuchlari hosil bo'lsa, u **havonli** 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.

**Aatmosfera 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 **xajmiy 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.  $1\text{kg} = 9.81\text{N} \approx 10\text{N}$ . 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 N/m bilan, sirt buylab yoyilgan yuk esa N/m<sup>2</sup> 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 inertiya kuchlari vujudga keladi. Inertiya kuchlari vaqtning hosilasi hisoblanadi. Statik yuk ta'siridan inshootda hech qanday inertiya 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 deformatsiyaga 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.

**Deformatsiya** - tashqi kuchlar ta'sirida jism o'lchamlari va shaklining o'zgarishi deformatsiya deb ataladi. Deformatsiyalar chizikli va burchakli bo'ladi.

**Dinamik kuchlar** – amalda foydalanish sharoitida qurilmalarning Ko'p qismlariga dinamik kuchlar ta'sir qiladi. Bularga inertiya 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.

$$\frac{\partial Q_y}{\partial x} = q$$

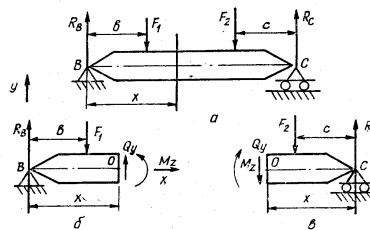
Eguvchi momentdan abtsissa o'qi bo'yicha olingan birinchi hosila kesuvchi kuchga teng.

$$\frac{dM_x}{dx} = Q$$

**Egilish** – deb, bo'ylama o'qqa 'er'endikulyar yo'nalgan yoki shu o'q orqali o'tuvchi kuchlar jufti ta'sirida deformatsiyalanishiga 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') deformatsiyalanadi va uning kesimlarida ichki kuchlar hosil bo'ladi. Deformatsiya 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 deformatsiyalanganda 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 (chizikli deformatsiyalangan) 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 tenglamaridan to'ildigan 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** – deformatsiyalanadigan 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 gorizontaal 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 deformatsiyalanishii hisobiga o'zgartiradigan sistemalarga 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 sistemalarga 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 ( $P=1$ ) harakatlenganda, 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 birlashtirish yo'li bilan hosil qilinadi. Ko'p oraliqli sharnirli balkalar yondosh oraliqlarni yo'lishda qo'llaniladi.

**Ferma**-bikr tugunlarni sharnirlar bilan almashtirilganda, o'zining geometrik o'zgarmasligini saqlab qoluvchi sterjenli sistemalarga aytiladi. Fermalar balkalarning takomillashgan bir ko'rinishi bo'lib, balkalar o'taydigan vazifani bajaradi.

**Yassi fermalar**- fermanın 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 birlashtirish tufayli hosil bo'lgan sistemaga aytiladi. Bunda uchinchi disk sifatida yer qabul qilinadi.

**Kerkili sistema**-uch sharnirli sistema tayanchlarida vujudga keladigan gorizontaal 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 fandır.

**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 biki qilib birlashtirilgan 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 gorizontaal 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 sistemalariga aytiladi. Statik aniqmas sistemaning ortiqcha bog'loqchilar soni shu sistemaning aniqmaslik darajasi deyiladi.

**Tutash balkalarning statik aniqmaslik darajasi** quyidagi formula orqali aniqlanadi:  
 $C_A = 2III + C_T - 3D, C_A = n - 1, S_A = S_T - 3$

**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 sistemalariga nisbatan tejamkor bo'ladi.

Bunday sistemalarda biror ortiqcha bog'lanishning shikastlanishi inshootning butunlay ishdan chiqishiga olib kelmaydi. Bunday sistemalar statik aniq sistemalariga 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, u bir 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.

**Ekstsensivitet** – kuch qo'yilgan nuqta qutbdan kesimning og'irlik markazigacha bo'lgan masofa.

**Ichki kuchlarni ishi** – jism deformatsiyalanish 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'zgaradigan 6 ta geometrik parametrga (uchta kooordinatalar o'qi atrofida burilish va shu o'qlar yo'nalishida ko'chish) imkoniy ega bo'ladi. Bunda fazoviy fermanın erkinlik darajalar soni 6 ga tengdir.

**Statik aniqlas sistemalarni statik tekshirish-** Ramadan tugunlar qirqib olinib, qolgan qismining unga ta'siri tegishli zo'riqlar 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.

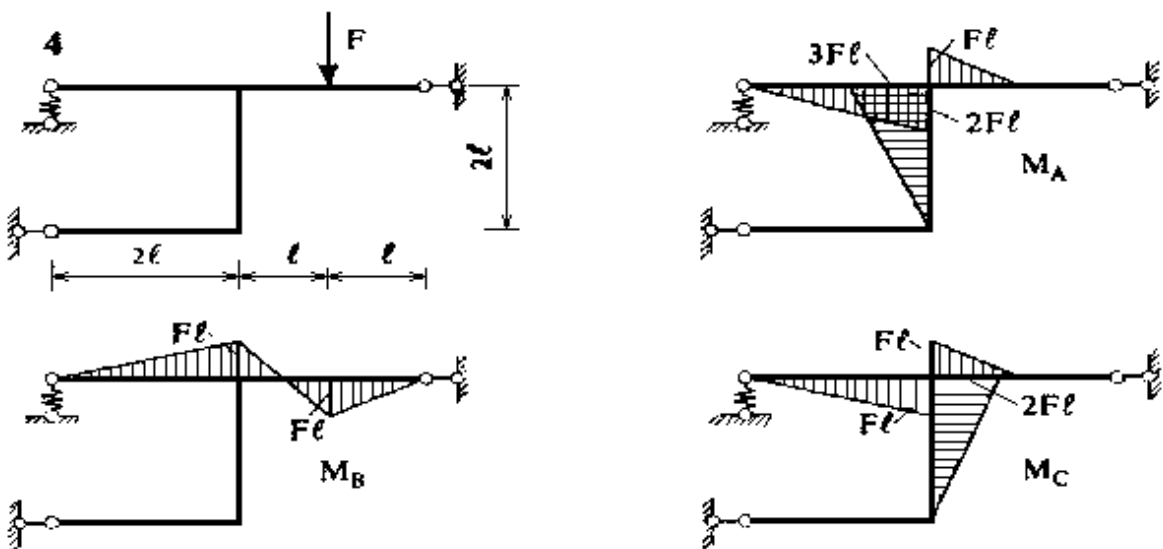
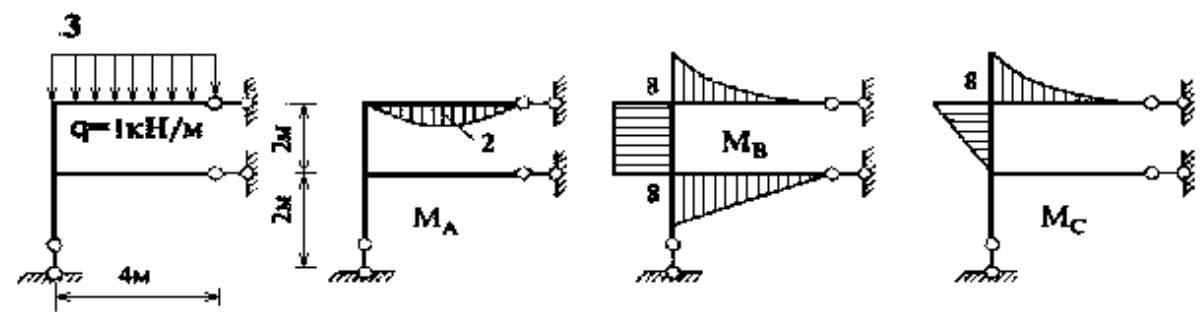
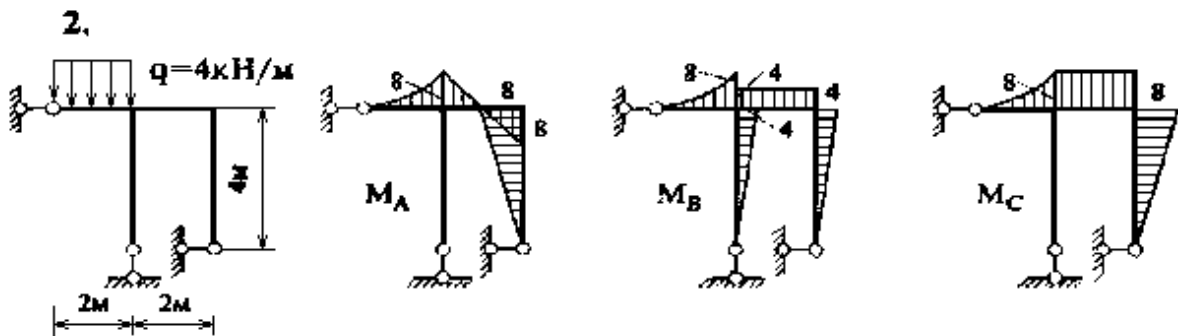
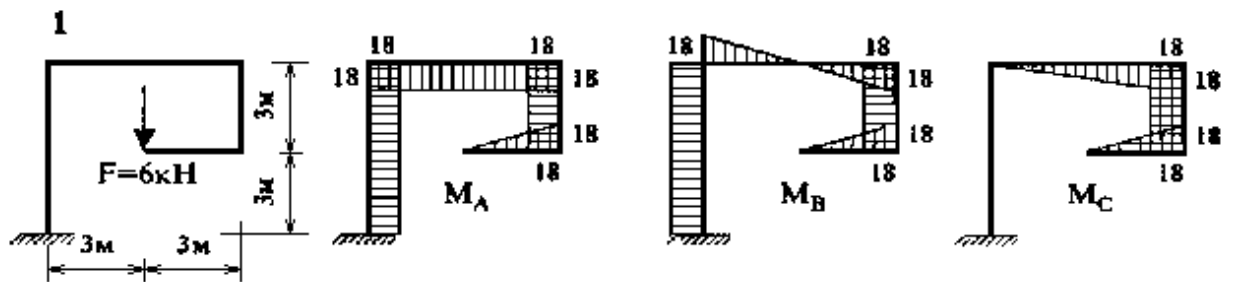
**CHiziqli bog'lanishlar-** rama tugunlarini ko'chishlariga qarshilik ko'rsatuvchi bog'lanishlarga aytiladi.

**Foydali yuklar-** inshoot qabul qilishi lozim bo'lgan yuklar. Bularga misol qilib odamlar, asbob-uskunalar, avtomobillar, stanoklarni kiritish mumkin.

# Keyslar banki

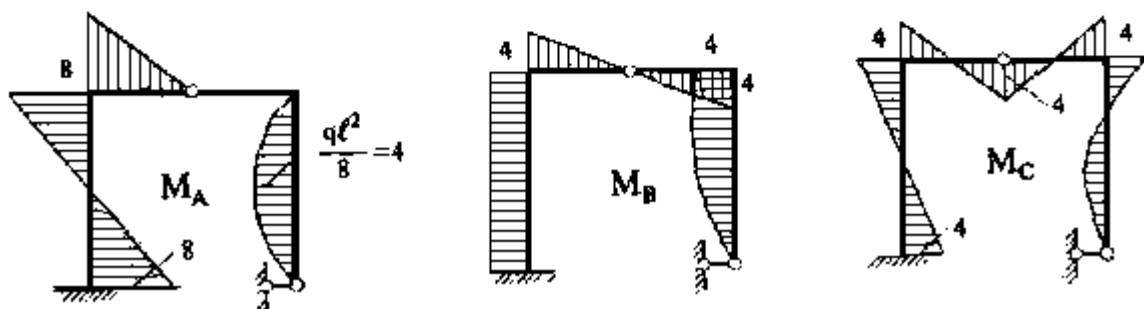
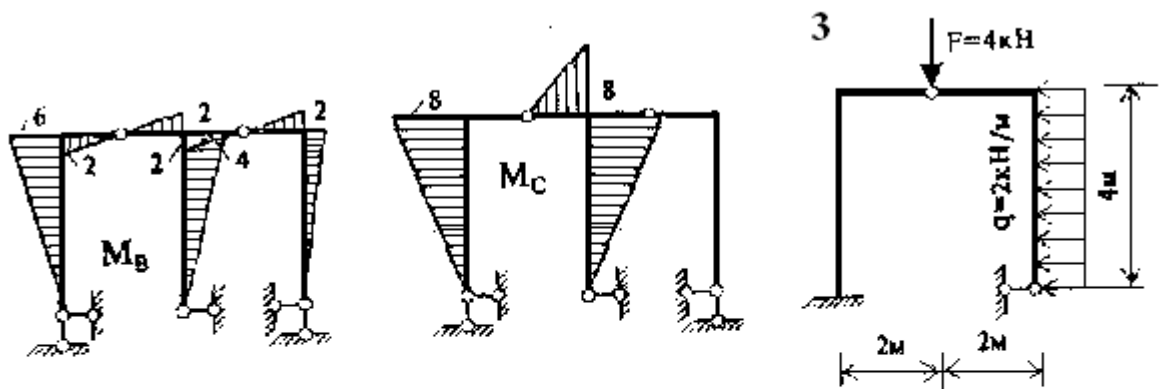
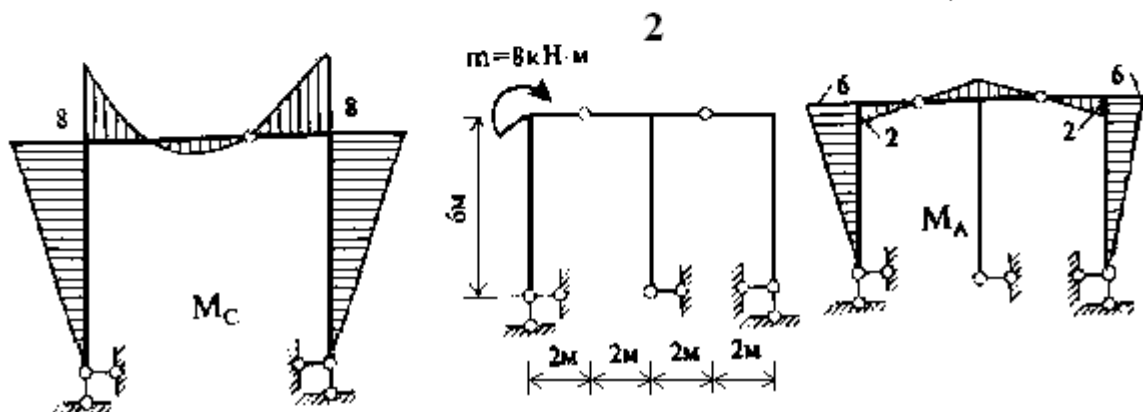
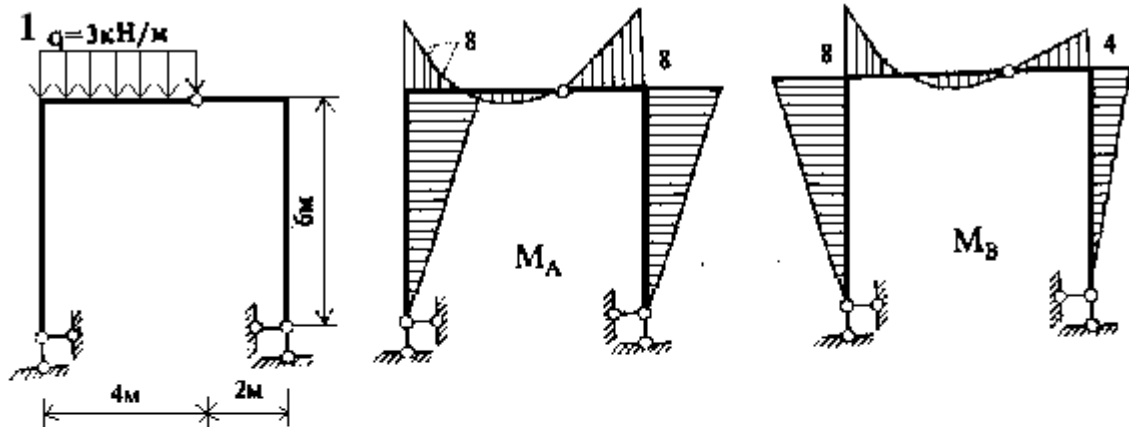
## 1-keys

Hisoblamasdan uchala moment epyuralaridan to'g'risi ko'rsatilsin va nima uchun qolganlari noto'g'riligi tushuntirilsin.

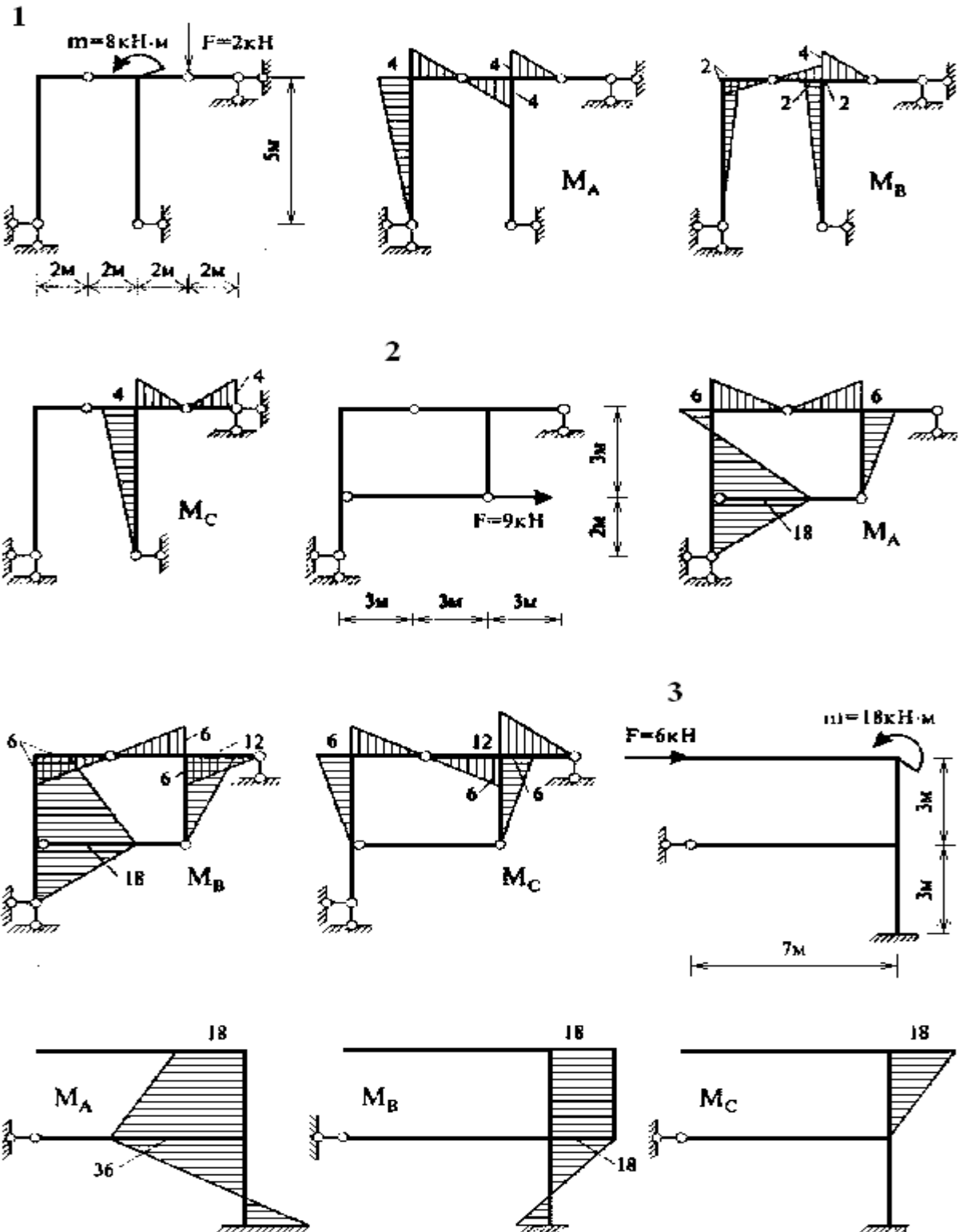


## 2-keys

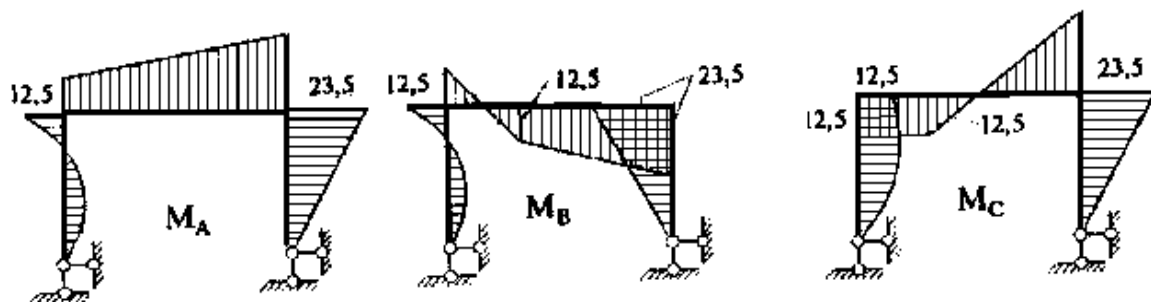
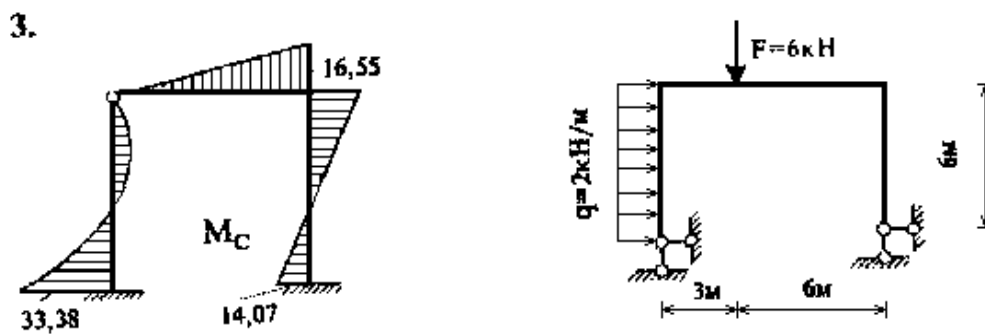
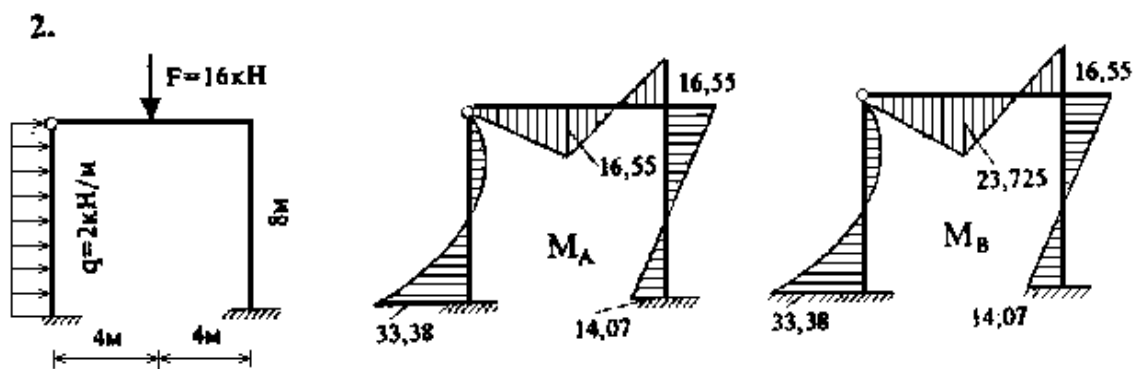
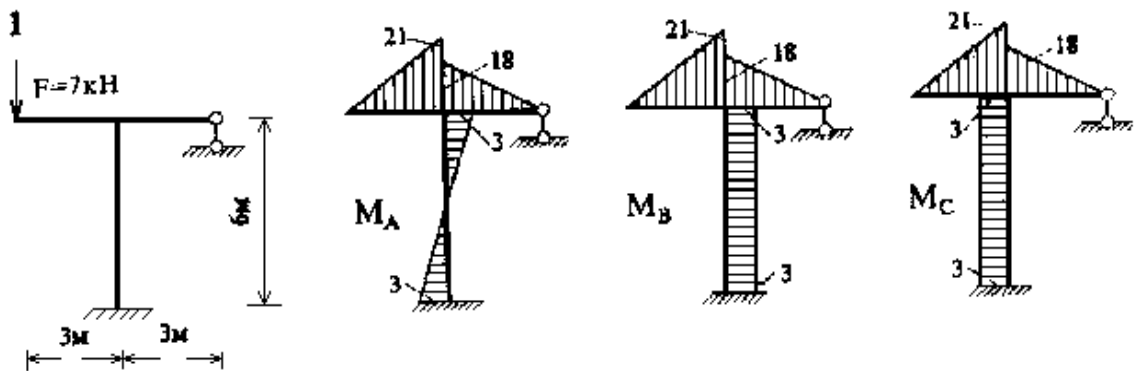
Hisoblamasdan uchala moment epyuralaridan to'g'risi ko'rsatilsin va nima uchun qolganlari noto'g'riligi tushuntirilsin.



Hisoblamasdan uchala moment epyuralaridan to'g'risi ko'rsatilsin va nima uchun qolganlari noto'g'riligi tushuntirilsin.



Hisoblamasdan uchala moment epyuralaridan to'g'risi ko'rsatilsin va nima uchun qolganlari noto'g'riligi tushuntirilsin



Hisob-grafik ishlar mavzulari

## 5-6-semestr

1. Ko'p oraliqli statik aniq balkalarni hisoblash
2. Uch sharnirli sistemalarni hisoblash
3. Uzluksiz balkalarni doimiy yuklari ta'siriga hisoblash
4. Uzluksiz balkalarni moment fokuslar usulida hisoblash
5. Uzluksiz balkalarni natijaviy eguvchi moment va ko'ngdalang kuch epyurasini chizish
6. Statik aniqmas arklarni hisoblash
7. Statik aniqmas fermalar hisobi.
8. Ramalarni ko'chish usulida hisoblash.
9. Ko'chish usulining asosiy sistemasi
10. Birlik epyuralarni chizish. Kanonik tenglama koefitsientlari va ozod hadlarni aniqlash
11. Umumiy eguvchi moment epyurasini chizish.
12. Ko'ngdalang va bo'ylama kuch epyuralarini chizish

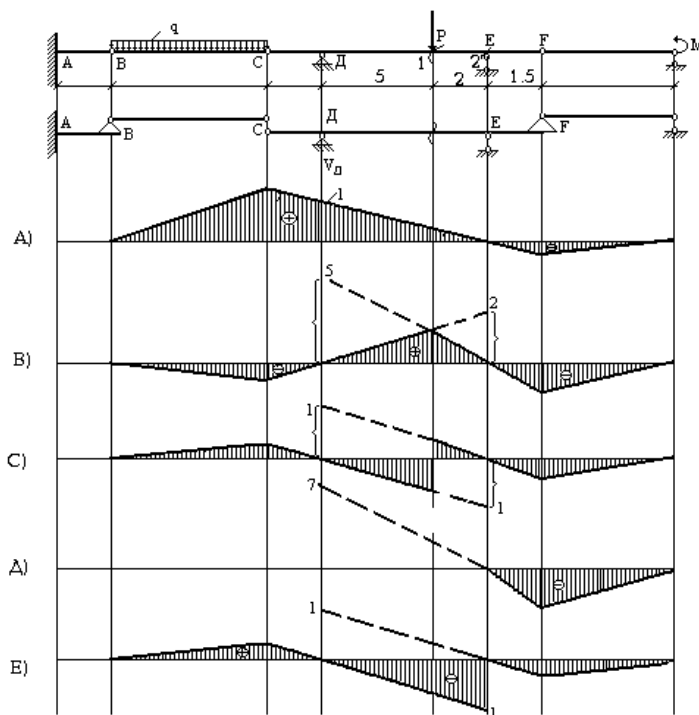


TEST SAVOLLARI  
1-VARIANT

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 bandeda ko'rsatilgan.

- A.  $\kappa H \cdot m$
- B. kN
- C. m
- D.  $\kappa H/m$

3. 1-rasmda 1-kesimning kesuvchi kuch epyurasi qaysi bandeda to'g'ri ko'rsatilgan?



- A. B bandeda
- B. A bandeda
- C. D bandeda
- D. C bandeda

4. Qistirib mahkamlangan tayanch nima?

- A. Inshootning buralishiga, vertikal va gorizonttal ko'chishiga qarshilik ko'rsatuvchi element.
- B. Inshootning faqat birgina ko'chishiga qarshilik ko'rsatuvchi element
- C. Inshootning vertikal va gorizonttal ko'chishini cheklovchi element
- D. Inshootda eguvchi moment hosil bo'lishiga qarshilik ko'rsatadi

5. Xalqaro birliklar sistemasi (SI)da eguvchi moment birligi qaysi bandeda 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.  $W = 3D - 2III + C_T$

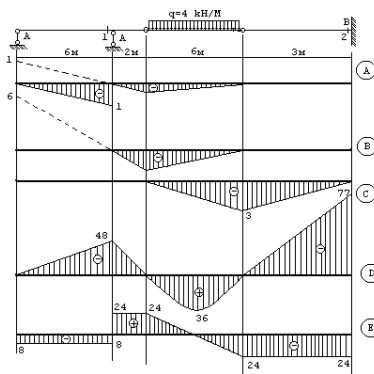
7. Tayanch deb nimaga aytiladi?

- A. Sharnirlar bilan o'zaro biriktirilgan elementga aytiladi.
- B. Inshootning faqat vertikal ko'chishiga qarshilik ko'rsatuvchi elementga aytiladi
- C. Inshootning vertikal va gorizontol 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?

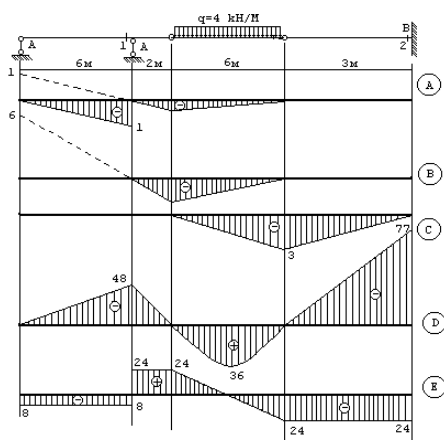
- A. Konsolli fermalar.
- B. parallel belbog'li fermalar.
- C. Arkasimon fermalar.
- D. Tugunlarining orasidagi belbog'lar mustaqil fermachalar bilan almashtirilgan fermalar.

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?
- $S = \sum P_i \cdot y$
  - $S_i = \sum g_i \cdot \omega_i + \sum M_i tg \alpha_i + \sum P_i y_i$
  - $\sum \int M_1 M_2 dx / 2EI + \sum \int N_1 N_2 dx / 2EF + \sum \int Q_1 Q_2 dx / 2GF$
  - $\sum \int M^2 dx / 2EI + \sum \int N^2 dx / 2EF + \sum \int Q^2 dx / 2GF$

## 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?
- $S = P_i Y_i$
  - $S = \sum P_i Y_i + \sum g_i w_i$
  - $S = \sum M_i tg \alpha_i$
  - $S = \sum g_i w_i$
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 chiziqda 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 chiziqda 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 deformatsiyaning 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 sistemalarga 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.  $30^0$

B.  $55^0$

C.  $130^0$

D.  $45^0$

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.  $S = \sum M_i t g \alpha_i$
- 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 deformatsiyalangandan 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.

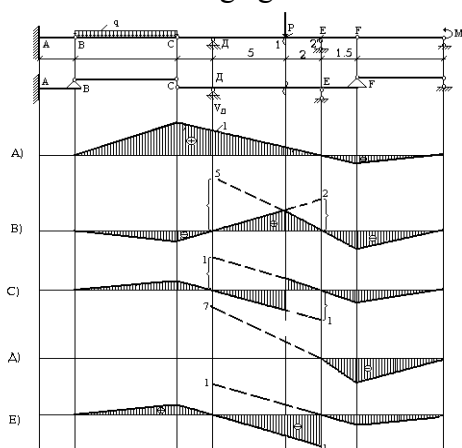
A. Bir necha oddiy balkalarni o'zaro sharnirlar yordamida biriktirishdan hosil bo'lgan geometrik o'zgarmas statik aniq sistema.

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-kесimning 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.

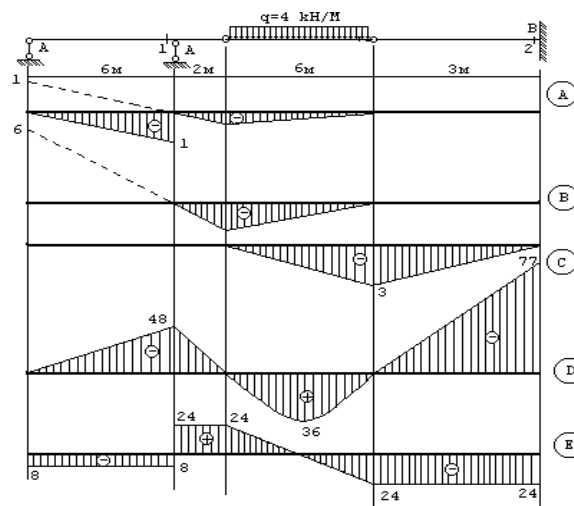
A.  $\sum \int M^2 dx / 2EI + \sum \int N^2 dx / 2EF + \sum \eta \int Q^2 dx / 2GF$

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)



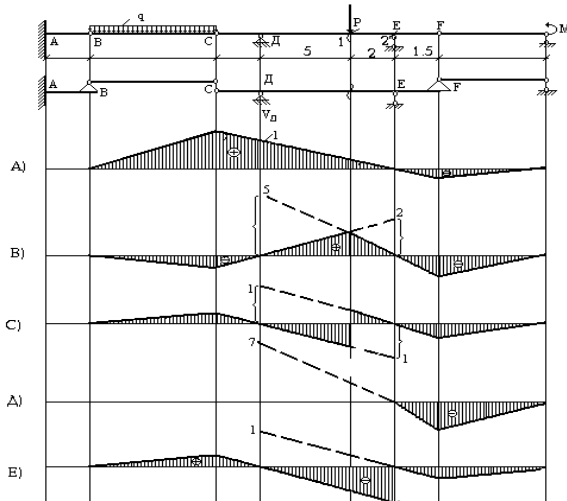
A. B rasmda

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?

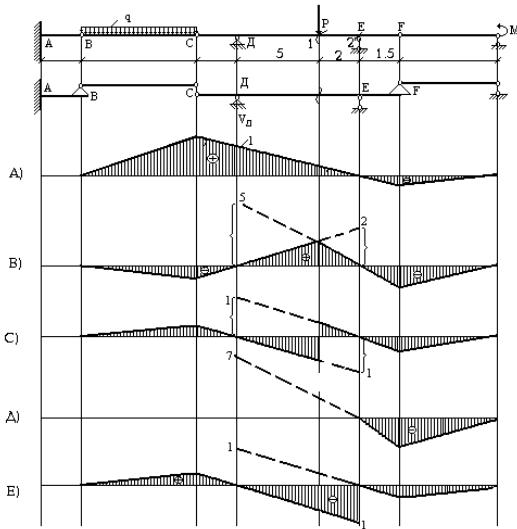


- A. B bandda
- B. A bandda
- C. D bandda
- D. C bandda

#### 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'zgaluvchan tayanch nima?
  - A. Sharnirlar bilan o'zaro biriktirilgan element.
  - B. Inshootning faqat birgina chiziqli ko'chishiga qarshilik ko'rsatuvchi element
  - C. Inshootning vertikal va gorizontal ko'chishini cheklovchi element
  - D. Inshootda eguvchi moment hosil bo'lishiga qarshilik ko'rsatadi
3. Bikrlikka hisoblash deganda nimani tushunasiz?
  - A. Inshootlarni tashqi kuchlarga chidamli bo'lishi
  - B. Inshootlarni tashqi yuklar ta'sirida deformatsiyalanganidan 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.  $\sum \int M^2 dx / 2EI + \sum \int N^2 dx / 2EF + \sum \int Q^2 dx / 2GF$

B.  $\sum \int M_1 M_2 dx / 2EI + \sum \int N_1 N_2 dx / 2EF + \sum \int Q_1 Q_2 dx / 2GF$

C.  $\sum \int M_p M_i dx / 2EI + \sum \int N_p N_i dx / 2EF + \sum \int Q_p Q_i dx / 2GF$

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.  $\sum \int M^2 dx / 2EI + \sum \int N^2 dx / 2EF + \sum \int Q^2 dx / 2GF$

B.  $\sum \int M_1 M_2 dx / 2EI + \sum \int N_1 N_2 dx / 2EF + \sum \int Q_1 Q_2 dx / 2GF$

C.  $\sum \int M_p M_i dx / 2EI + \sum \int N_p N_i dx / 2EF + \sum \int Q_p Q_i dx / 2GF$

D.  $\sum \int \omega_i y_i / EI$

12. Arkaning ko'ngdalang kesimidagi bo'ylama kuch nimaga teng?

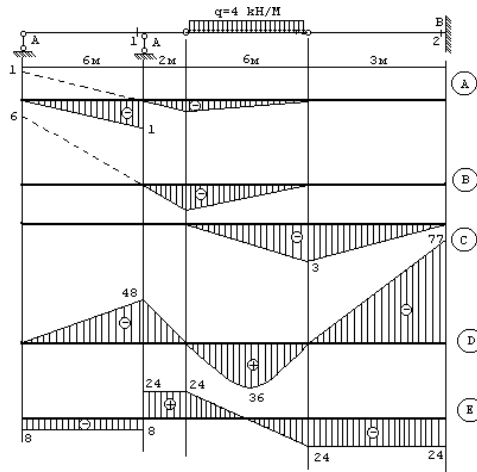
A. Kesimdan bir tomonda joylashgan hamma kuchlarning arka o'qining shu nuqtasiga o'tkazilgan urinmaga proeksiyalarining algebraik yig'indisiga teng.

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.

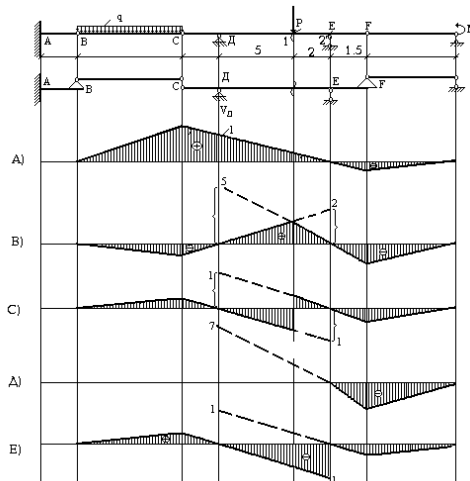
A.  $\kappa H \cdot m$

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 aniqlash sistemalar qaysi usullarda hisoblanadi?

A. Kuchlar usuli

B. Ko'chishlar usuli

C. Aralash va kombinatsiyalash usuli

D. Barcha javoblar to'g'ri

2. Statik aniqlash sistemalarni yechish kanonik tenglamasi qaysi bandda to'g'ri ko'rsatilgan?

A.  $\delta_{ii} = \sum \int \frac{\bar{M}_i^2}{EI} dx$

$$B. \delta_{ij} = \sum \int \frac{\bar{M}_i \bar{M}_j}{EI} dx$$

$$C. \delta_{ip} = \sum \int \frac{\bar{M}_i M_p}{EI} dx$$

$$\delta_{11} \cdot X_1 + \delta_{12} \cdot X_2 + \dots + \delta_{1n} \cdot X_n + \Delta_{1P} = 0,$$

$$D. \delta_{21} \cdot X_1 + \delta_{22} \cdot X_2 + \dots + \delta_{2n} \cdot X_n + \Delta_{2P} = 0,$$

$$\dots \dots \dots$$

$$\delta_{n1} \cdot X_1 + \delta_{n2} \cdot X_2 + \dots + \delta_{nn} \cdot X_n + \Delta_{nP} = 0$$

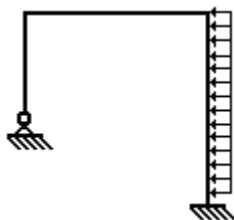
3. Tutash balkalarning statik aniqlaslik darajasi qaysi formulalar orqali aniqlanadi?

- 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 aniqlas sistema?



- A. Uch marta
- B. Ikki marta
- C. Statik aniq sistema
- D. To'rt marta
- E. Bir marta

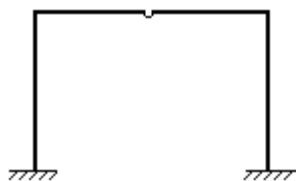
6. Berilgan 11-rasmdagi rama necha marta statik aniqlas sistema hisoblanadi?



- A. Uch marta
- B. Ikki marta
- C. Statik aniq sistema
- D. To'rt marta

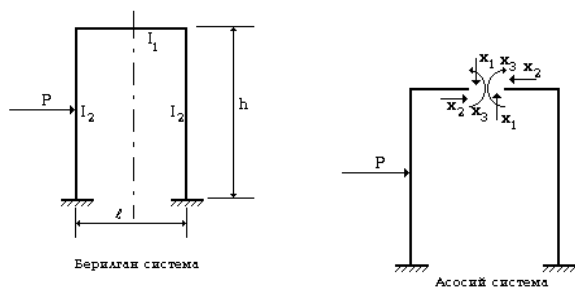
7. Berilgan 12-rasmdagi rama necha marta statik aniqlas sistema

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?



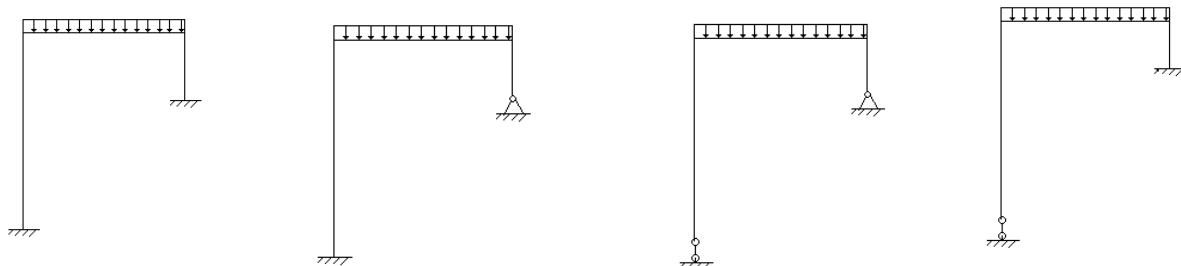
- A. Noma'lumlarni guruhlash usuli
- B. Nosimmetrik yuklarni va teskari simmetrik yuklarga ajratish
- C. Sistemani simmetrikligidan foydalanish.
- D. Uch moment tenglamasi

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.  $U = 2T - C - 3$

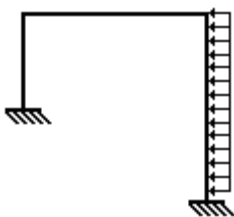
2. Statik aniqmas sistemalarning yakuniy eguvchi moment epyurasi qaysi formula yordamida chiziladi?

- 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.  $\delta_{ip} = \sum \int \frac{\bar{M}_i M_P}{EI} dx$   
 $\delta_{11} \cdot X_1 + \delta_{12} \cdot X_2 + \dots + \delta_{1n} \cdot X_n + \Delta_{1P} = 0,$
- 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 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

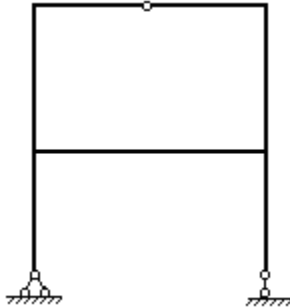
5. Berilgan 14-rasmdagi rama necha marta statik aniqmas sistema hisoblanadi



- A. Uch marta

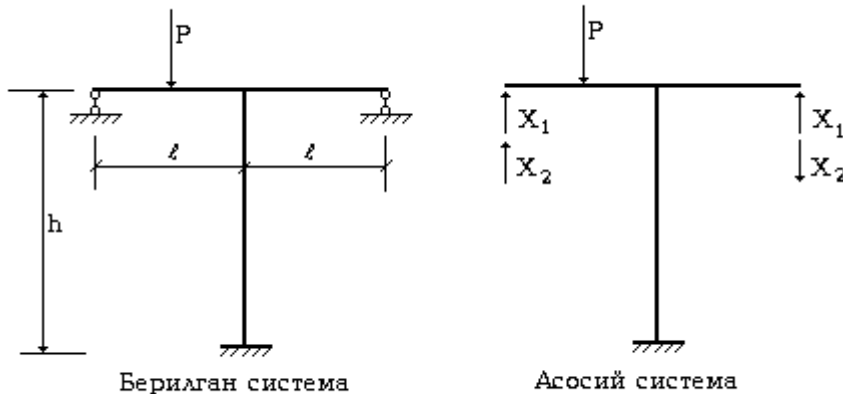
- B. Ikki marta
- C. Statik aniq sistema
- D. To'rt marta

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?



- 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,  $\bar{M}_1$  -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.  $\bar{M}_2$ -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 sistemalarga nisbatan tejamkor bo'ladi

B. Bunday sistemalarda biror ortiqcha bog'lanishning shikastlanishi inshootning butunlay ishdan chiqishiga olib kelmaydi.

C. Barcha javoblar to'g'ri

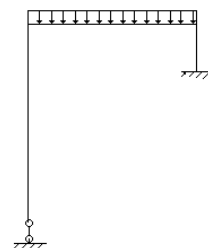
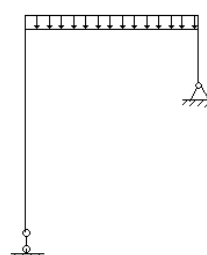
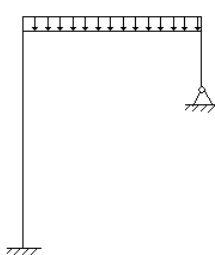
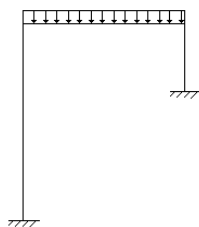
12. Qaysi rasmda ikki marta statik aniqmas sistema ko'rsatilgan?

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.  $\bar{M}_1$ -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.  $\bar{M}_2$ -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?



A.  $M_X = \bar{M}_1 X_1 + \bar{M}_2 X_2 + \dots + \bar{M}_n X_n + M_P$   
 $\delta_{11} \cdot X_1 + \delta_{12} \cdot X_2 + \dots + \delta_{1n} \cdot X_n + \Delta_{1P} = 0,$   
 B.  $\delta_{21} \cdot X_1 + \delta_{22} \cdot X_2 + \dots + \delta_{2n} \cdot X_n + \Delta_{2P} = 0,$   
 .....  
 $\delta_{n1} \cdot X_1 + \delta_{n2} \cdot X_2 + \dots + \delta_{nn} \cdot X_n + \Delta_{nP} = 0$

C.  $Q_X = Q_X^0 + \frac{M^{y_{uz}} - M^{uan}}{\ell}$

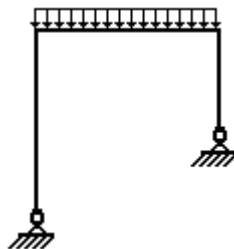
D.  $\delta_{ip} = \sum \int \frac{\bar{M}_i M_P}{EI} dx$

8. Qanday ramalar erkinmas ramalar deyiladi?

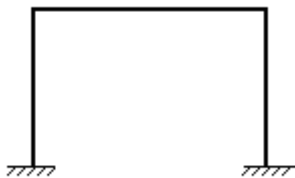
- A. Tugunlarining chiziqli ko'chishlari nolga teng bo'lmagan ramalar
- B. Tugunlarining chiziqli ko'chishlari nolga teng bo'lgan ramalar
- C. Tugunlari burchakli va chiziqli ko'chishlarga ega bo'lgan ramalar
- D. Tugunlarining burchakli ko'chishlari nolga teng bo'lgan ramalar

9. Berilgan 16-rasmdagi rama necha marta statik aniqmas sistema hisoblanadi?

- A. Uch marta
- B. Ikki marta
- C. Statik aniq sistema
- D. Bir marta

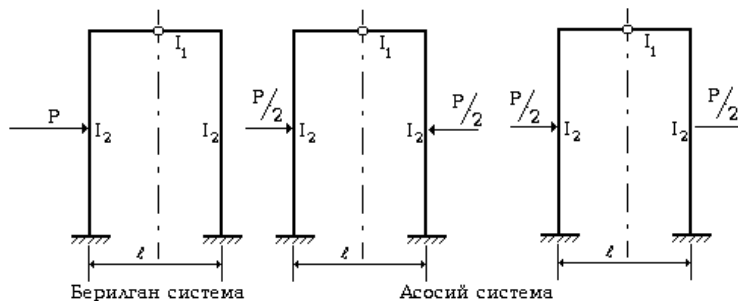


10. Berilgan 17-rasmdagi rama necha marta statik aniqmas sistema hisoblanadi



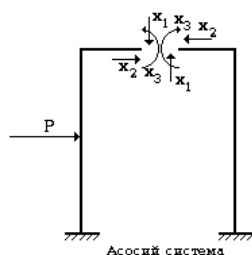
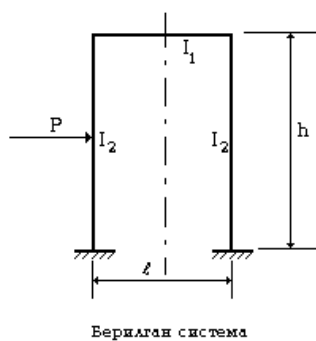
- A. Uch marta
- B. Ikki marta
- C. Statik aniq sistema
- D. To'rt marta

11. 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

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.  $M_K = M_K^0 - X_1(C - y_K) + X_2 + X_3 x_K$

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.  $Q_K = Q_K^0 - X_1 \cdot \sin \alpha_K + X_1 \cdot \cos \alpha_K$

5. Bir sharnirli 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.  $Q_K = Q_K^0 - X_1 \cdot \sin \alpha_K + X_1 \cdot \cos \alpha_K$

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'rqishlar

B. Ferma sterjenlaridagi  $X_k = 1$  birlik kuch ta'sirida bo'ladigan zo'rqishlar

C. Tashqi kuchlar ta'sirida asosiy sistemada hosil bo'ladigan zo'rqishlar

D. Ferma sterjenlarining uzunligi

7. Ko'chishlar usulida noma'lumlar soni qaysi ifoda bilan aniqlanadi?

A.  $n = n_\varphi + n_\delta$

B.  $n = 3D - 2III - C_m$

C.  $m = 2t - 3$

D.  $n = 3K - III$

8. Quyidagi ifodalardan qaysi biri birlik reaksiyalarning o'zaro bog'lanish teoremasini ifodalaydi? kuchlar ta'sirida asosiy sistemada hosil bo'ladigan zo'rqishlar

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'rqishlar

B. Ferma sterjenlaridagi  $X_k = 1$  birlik kuch ta'sirida bo'ladigan zo'rqishlar

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'rqishlar

B. Ferma sterjenlaridagi  $X_k = 1$  birlik kuch ta'sirida bo'ladigan zo'rqishlar

C. Tashqi kuchlar ta'sirida asosiy sistemada hosil bo'ladigan zo'rqishlar

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'rqishlar  
 B. Ferma sterjenlaridagi  $X_k = 1$  birlik kuch ta'sirida bo'ladigan zo'rqishlar  
 C. Tashqi kuchlar ta'sirida asosiy sistemada hosil bo'ladigan zo'riqishlar  
 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'rqishlar  
 B. Ferma sterjenlaridagi  $X_k = 1$  birlik kuch ta'sirida bo'ladigan zo'rqishlar  
 C. Tashqi kuchlar ta'sirida asosiy sistemada hosil bo'ladigan zo'riqishlar  
 D. Ferma materialining elastiklik moduli
3. Ko'chishlar usulida noma'lumlar sifatida qanday kattaliklar qabul qilinadi?  
 A. Ortiqcha bog'lanishlardagi zo'riqish kuchlari.  
 B. Ortiqcha bog'lanishlardagi bo'ylama kuchlar.  
 C. Rama tugunlarining burchakli va chiziqli ko'chishlari.  
 E. Rama tugunlarida hosil bo'ladigan zo'riqish kuchlari.
4. Ko'chishlar usuli kanonik tenglamalarining ma'nosi nimadan iborat?  
 A. Ortiqcha bog'lanishlardagi zo'riqishlarning nolga tengligini ifodalaydi.  
 B. Noma'lum zurikish kuchlarining nolga tengligini anglatadi.  
 C. Qo'shimcha kiritilgan bog'lanishlardagi zo'riqish 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.  $M_K = M_K^0 - X_1(C - y_K) + X_2 + X_3 x_K$

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.  $Q_K = Q_K^0 - X_1 \cdot \sin \alpha_K + X_1 \cdot \cos \alpha_K$

6. Sharnirsiz arkaning ixtiyoriy kesimidagi bo'ylama 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.  $N_K = -(N_K^0 + X_1 \cdot \cos \alpha_K + X_3 \cdot \sin \alpha_K)$

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'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

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'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

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.

$$A. M_x = \bar{M}_1 X_1 + \bar{M}_2 X_2 + \dots + \bar{M}_n X_n + M_p$$

$$B. M_x = M_p^0 + M_{n-1} \frac{\ell_n - x}{\ell_n} + M_n \frac{x}{\ell_n}$$

$$C. M_{n-1} \ell_n + 2M_n (\ell_n + \ell_{n+1}) + M_{n+1} \ell_{n+1} = -6(B_n^c + A_{n+1}^c)$$

$$D. M_x = Q_p^0 + \frac{M_n - M_{n-1}}{\ell_n}$$

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?

$$A. n = n_\varphi + n_\delta$$

$$B. n = 3D - 2III - C_m$$

$$C. m = 2t - 3$$

$$D. n = 3K - III$$

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.  $\Delta_{x_1}$  -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. Sterjen uchi C ning  $X_1$  kuch yo'nalishidagi ko'chishi

**Kuzgi 1-oraliq nazorat og'zaki shaklda quyidagi iboralar asosida o'tkaziladi.**

1. *Qurilish mexanikasi fani va uning vazifalari*
2. *Inshootlarning mustahkamligi*
3. *Inshootlarning ustivorligi*
4. *Inshootlarning bikrligi*
5. *Ichki zo'riqish kuchlari*
6. *Inshootlarning hisoblash tarxi*
7. *Tayanch va ularning turlari*
8. *Tashqi yuklar*
9. *Vaqtinchalik yuklar*
10. *Doimiy yuklar*
11. *Sterjenli sistemalar*
12. *Geometrik o'zgaruvchan sistemalar*
13. *Geometrik o'zgarmas sistemalar*
14. *Oniy o'zgaruvchan sistemalar*
15. *Sterjenli sistemalarning erkinlik darajasi*
16. *Ta'sir chiziqlar haqida umumiy tushuncha*
17. *Oddiy balkalardagi tayanch reaksiyalarning ta'sir chiziqlari*
18. *Bir va ikki konsolli balkalardagi tayanch reaksiyalarning ta'sir chiziqlari*
19. *Oddiy balkalardagi eguvchi moment ta'sir chiziqlari*
20. *Konsolli balkalardagi eguvchi moment ta'sir chiziqlari*
21. *Konsol balkalardagi eguvchi moment ta'sir chiziqlari*
22. *Oddiy balkalardagi ko'ngdalang kuch ta'sir chiziqlari*
23. *Konsolli balkalardagi ko'ngdalang kuch ta'sir chiziqlari*
24. *Konsol balkalardagi ko'ngdalang kuch ta'sir chiziqlari*
25. *Inshootga yig'iq kuchlar tizimi qo'yilganda ta'sir chiziqlar yordamida zo'riqishlarni aniqlash*
26. *Inshootga yoyiq kuchlar tizimi qo'yilganda ta'sir chiziqlar yordamida zo'riqishlarni aniqlash*
27. *Inshootga juft kuch (eguvchi moment) tizimi qo'yilganda ta'sir chiziqlar yordamida zo'riqishlarni aniqlash*
28. *Yuk tugunlar orqali uzatilganda ta'sir chiziqlarini chizish.*
29. *Ta'sir chizig'i yordamida zo'riqishlarni aniqlash*
30. *Ko'p oraliqli balkalar*
31. *Ko'p oraliqli balkalarning qavatlar tarxi*
32. *Ko'p oraliqli statik aniq sharnirli balkalarni analitik usulda hisoblash*
33. *Ko'p oraliqli statik aniq sharnirli balkalarda ta'sir chiziq chizish*

## **Kuzgi 2-oraliq nazorat yozma shaklda quyidagi savollar asosida o'tkaziladi**

1. *Statik aniq fermalar va ularning turlari*
2. *Fermalarni analitik usulda hisoblash*
3. *Moment nuqta usuli*
4. *Proeksiyalash usuli*
5. *Tugunlarni kesib olish usuli*
6. *Ferma sterjenlaridagi zo'riqishlarning ta'sir chiziqlari*
7. *Shprengelli fermalar va ularning turlari*
8. *Uch sharnirli arkalar va ramalar*
9. *Uch sharnirli arkalarining tayanch reaksiyalarini aniqlash*
10. *Uch sharnirli arkalarni analitik usulda hisoblash*
11. *Uch sharnirli arkalarni eguvch moment epyuralarini qurish*
12. *Uch sharnirli arkalarni ko'ngdalang kuch epyuralarini qurish*
13. *Uch sharnirli arkalarni bo'ylama kuch epyuralarini qurish*
14. *Uch sharnirli arkaning maqbul o'qi*
15. *Uch sharnirli arkani qo'zg'aluvchan yuk ta'siriga hisoblash*
16. *Uch sharnirli arkani qo'zg'aluvchan yuk ta'sirida tayanch reaksiyalarinig ta'sir chiziqlarini qurish*
17. *Uch sharnirli arkani qo'zg'aluvchan yuk ta'sirida eguvchi momentrining ta'sir chizig'ini qurish*
18. *Uch sharnirli arkani qo'zg'aluvchan yuk ta'sirida ko'ngdalang kuchning ta'sir chizig'ni qurish*
19. *Uch sharnirli arkani qo'zg'aluvchan yuk ta'sirida bo'ylama kuchning ta'sir chizig'ni qurish*
20. *Ko'chishlar va ishlar haqida tushuncha*
21. *Tashqi kuchlar ishi*
22. *Ichki kuchlar ishi*
23. *Ishlar va ko'chishlarning o'zaro bog'lanishi haqidagi teoremlar*
24. *Ko'chishlarni aniqlash uchun Mor formulasi*
25. *Ko'chishlarni aniqlash uchun Vereshchagin usuli*
26. *Haroratning o'zgarishidan hosil bo'ladigan ko'chishlar*
27. *Tayanchlarning cho'kishidan hosil bo'ladigan ko'chishlar*

# **Tarqatma materiallar**

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI**  
**OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**  
**NAMANGAN MUXANDISLIK – QURILISH INSTITUTI**

“Materiallar qarshiligi va mexanikasi” kafedrası

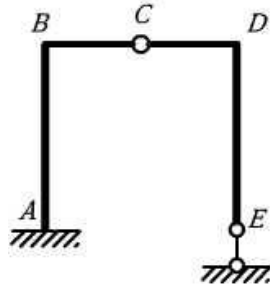
**QURILISH MEXANIKASIDAN**

**MISOL VA MASALALAR**

**Namangan- 2019 yil**

## 1- BOB. INSHOOTLAR HISOBLASH SXEMALARINING KINEMATIK TAHLILI.

1.1-§. Tekis sterjenli sistemalarning erkinlik darajasi sonini aniqlash va ularning geometrik tarkibini tahlili. Oniy o'zgaruvchanligini tekshirish.



1.1.1 - rasm

**1.1- misol.** 1.1.1- rasmda ko'rsatilgan sistemani kinematik tahlil qilinsin.

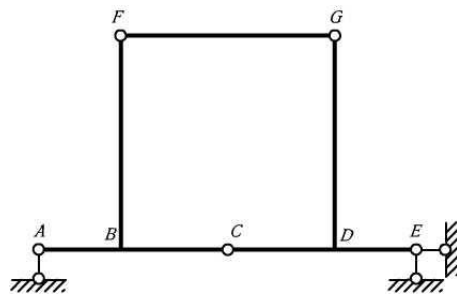
Dastlab (1.1) formulasi yordamida sistemaning erkinlik darajasini aniqlaymiz. Barcha sharnir va tayanch sterjenlarini tashlab yuboramiz.

Sistema ikki diskdan, yahni  $D = 2$ ,  $S$  nuqtasidagi bitta sharnir va to'rtta tayanch sterjenlaridan (bikr 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 strukturasi tahlilini bajaramiz. AVS disk yer bilan bikr 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.



1.1.2- rasm

**1.2- misol.** 1.1.2- rasmda ko'rsatilgan sistemani kinematik tahlil qilinsin.

Sistemaning erkinlik darajasini hisoblaymiz. Barcha sharnir va tayanch sterjenlarini tashlab yuborib, to'amiz:

$$D = 3, \quad SH = 3, \quad S_t = 3.$$

U holda

$$W = 3D - 2III - C_T = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 3 - 3 = 0$$

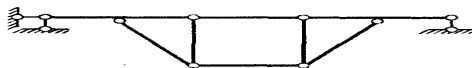
Sistema o'zgarmas va statik aniq

bo'lishi uchun eng kam zaruriy bog'lanishlar soniga ega.

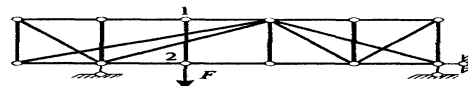
Uning o'zgarmasligiga ishonish uchun, geometrik strukturasi tahlilini bajarish kerak. Uchta  $G'ABC$ ,  $GSDE$  va  $G'G$  disklari o'zaro bir to'g'ri chiziqda yotmagan  $SG'G$  sharnirlari bilan bog'lanib, tuzilishni tashkil qilish qoidasi asosida yangi diskni tuzadi. Ushbu disk yerga bir nuqtada kesishmagan 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  $S_t = 3$ . SHunday qilib,  $W = 3D - 2III - C_T = 3 \cdot 8 - 2 \cdot 10 - 3 = 1$ .

Sistema bir erkinlik darajasiga ega, yahni mexanizm bo'lib hisoblanadi va qurilish tuzilmasi sifatida qo'llash mumkin emas.



1.1.-rasm.



1.1.3-rasm.

**1.4- misol.** 1.1.4- rasmda ko'rsatilgan sistema tekshirilsin.

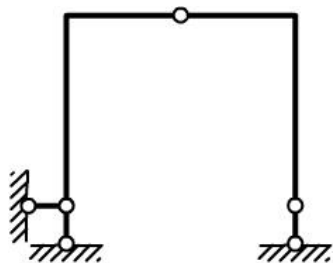
Sistema sharnirli-sterjenli bo'lganligi sababli, uning erkinlik darajasini aniqlash uchun (1.5) formulani qo'llaymiz. Tugunlar soni  $Y = 12$ , sterjenlar soni  $S = 22$ , tayanch sterjenlari soni  $S_t = 3$ . SHunday qilib,  $W = 2Y - C - C_T = 2 \cdot 12 - 22 - 3 = -1$  Sistema bitta ortiqcha bog'lanishga ega. 2 -'astki 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 to'lgan zo'riqishlar  $N_{1-2}$  qarama-qarshi hisoblanadi. Berilgan sistema statik belgilariga ko'ra oniy o'zgaruvchi bo'ladi.

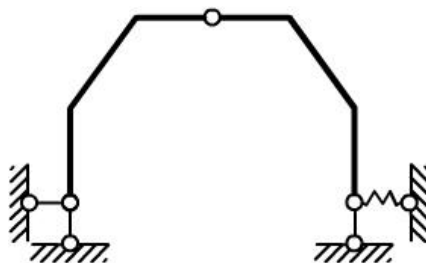
Xulosa: agar berilgan sistema uchun geometrik o'zgarimas sistemalarni tuzishning asosiy qoidalariga asosan qavatlashgan sxema

1.1.01.... 1.1.51- masalalar. Sistemalar kinematik tahlil qilinsin.

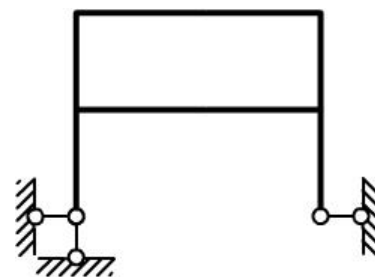
1.1.01



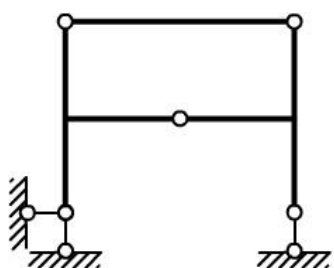
1.1.02



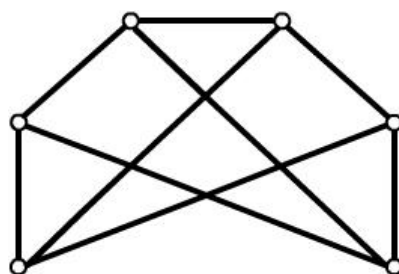
1.1.03



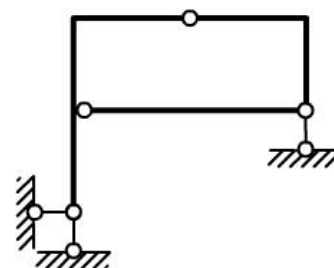
1.1.04



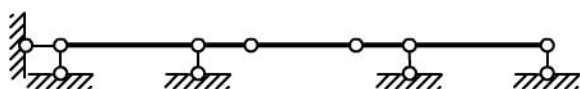
1.1.05



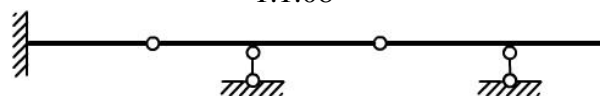
1.1.06



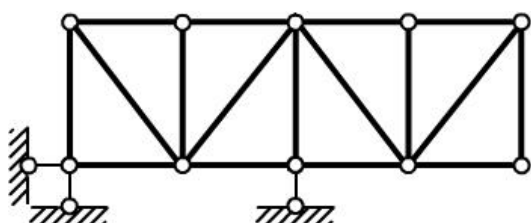
1.1.07



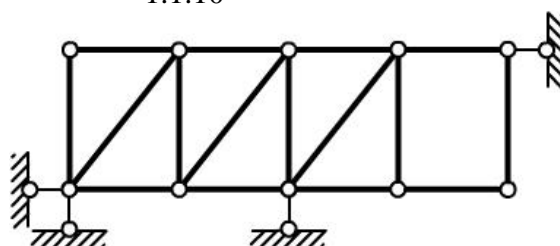
1.1.08



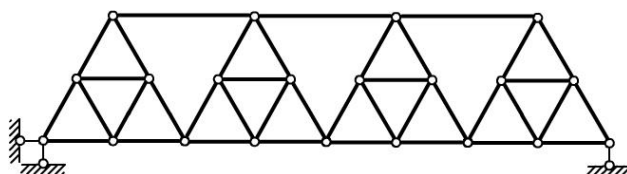
1.1.09



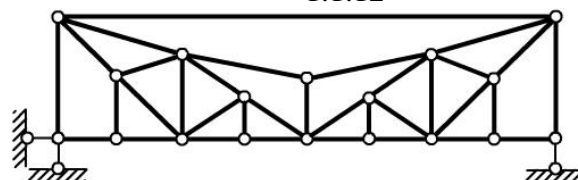
1.1.10



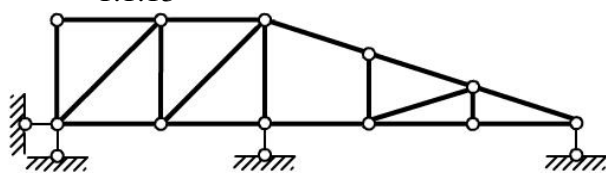
1.1.11



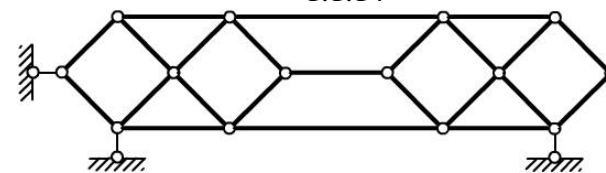
1.1.12



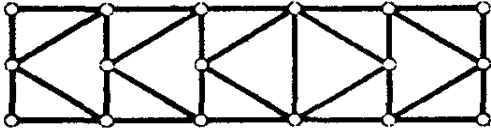
1.1.13



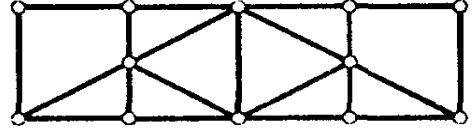
1.1.14



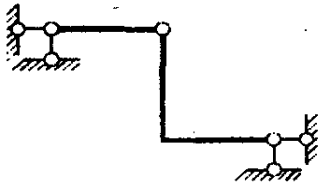
1.1.15



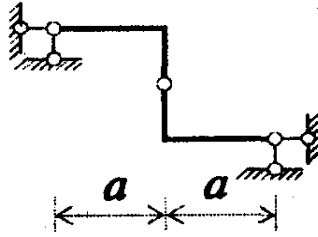
1.1.16



1.1.17

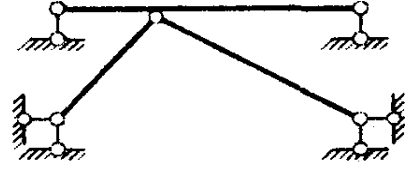


1.1.18

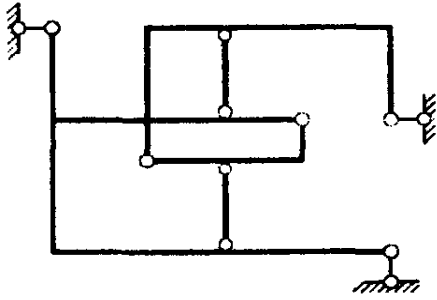


$b$   
 $b$

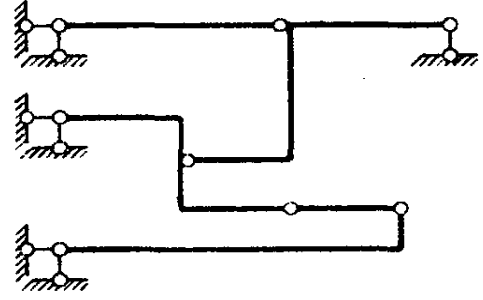
1.1.19



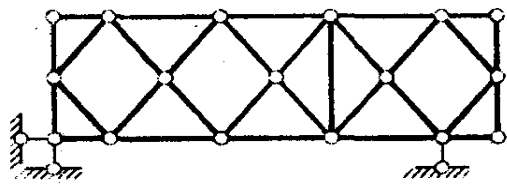
1.1.20



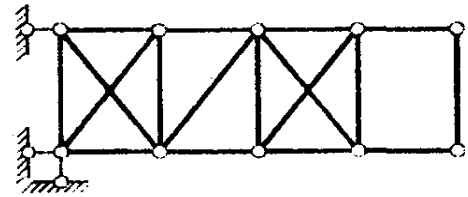
1.1.21



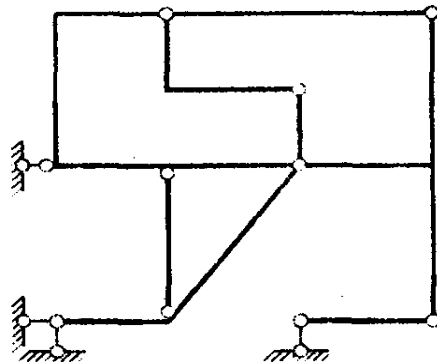
1.1.22



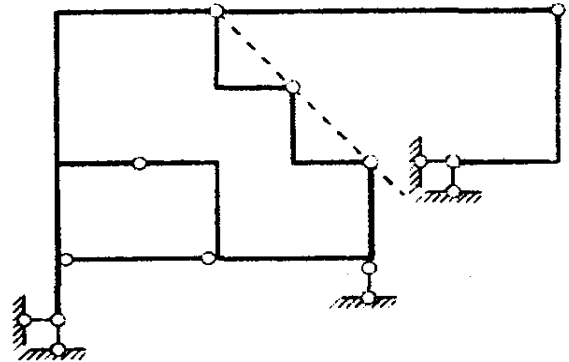
1.1.23



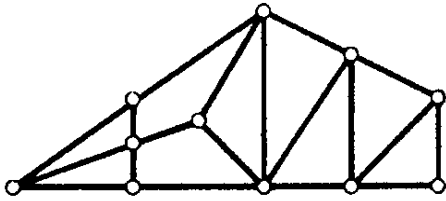
1.1.24



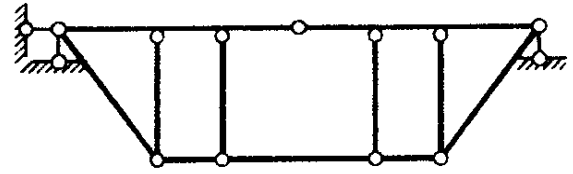
1.1.25



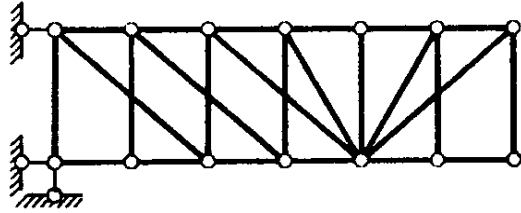
1.1.26



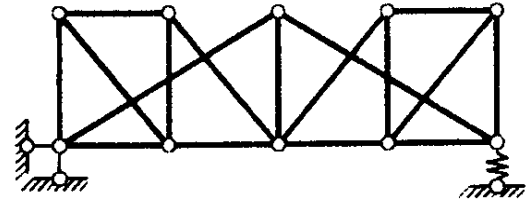
1.1.27



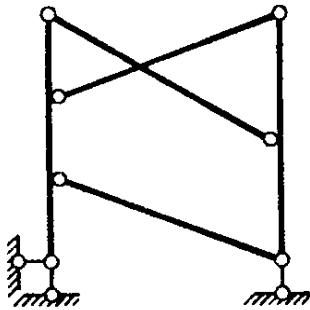
1.1.28



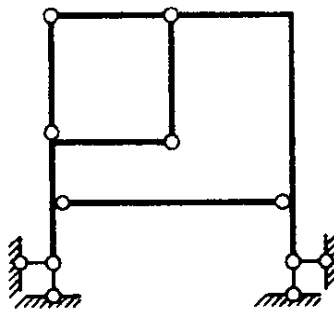
1.1.29



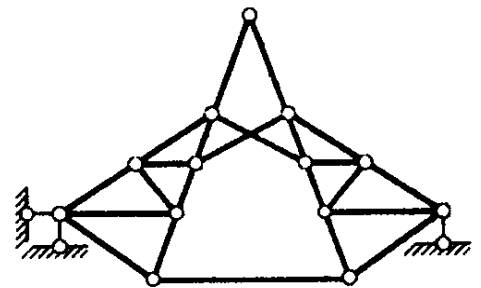
1.1.30



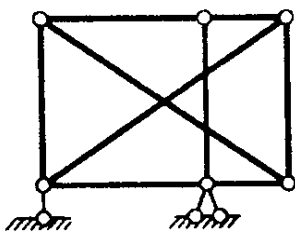
1.1.31



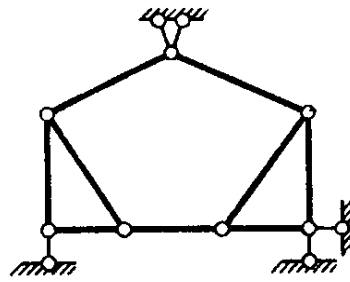
1.1.32



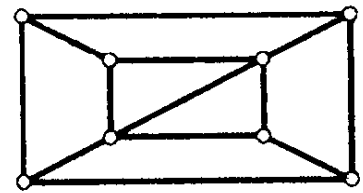
1.1.33



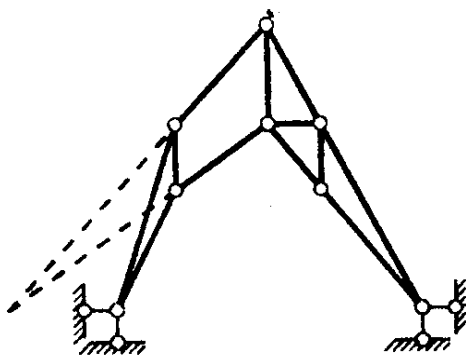
1.1.34



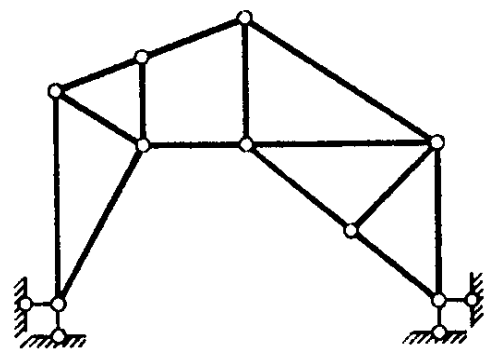
1.1.35



1.1.36

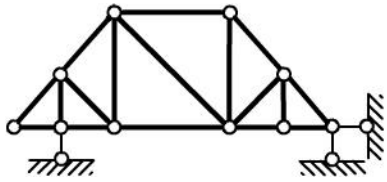


1.1.37

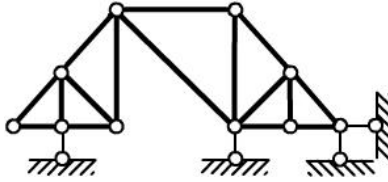




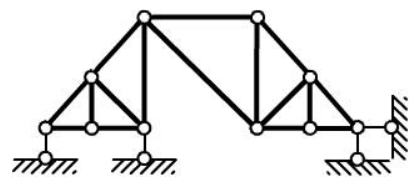
1.1.38



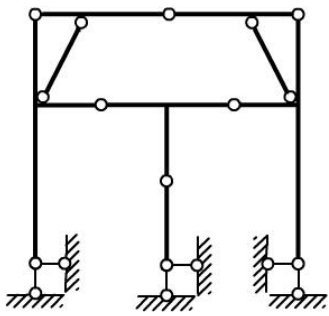
1.1.39



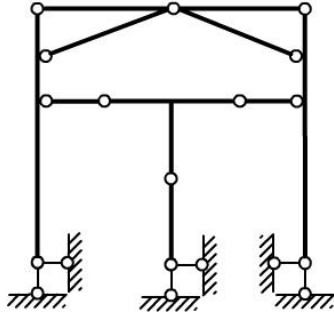
1.1.40



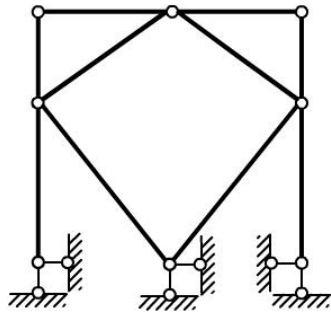
1.1.41



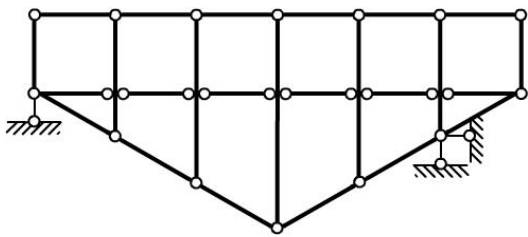
1.1.42



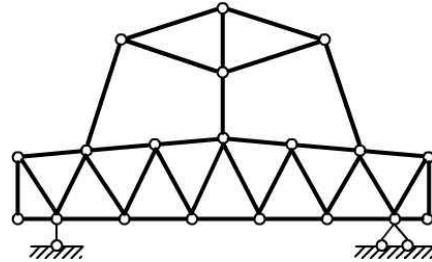
1.1.43



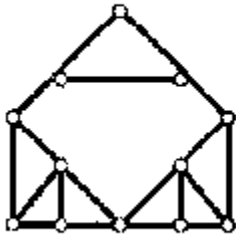
1.1.44



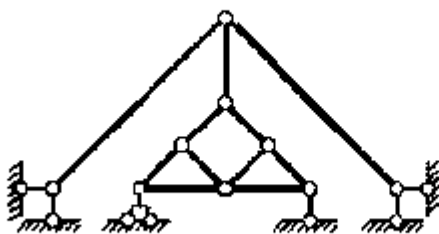
1.1.45



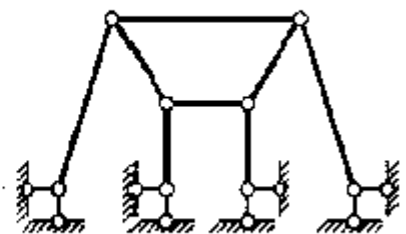
**1.1.46**



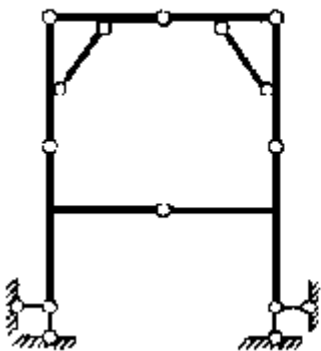
**1.1.47**



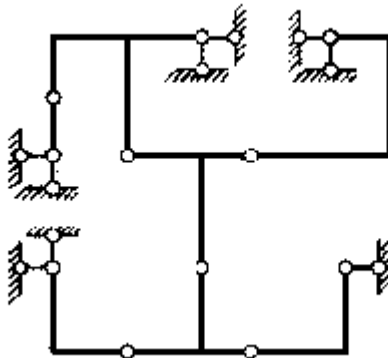
**1.1.48**



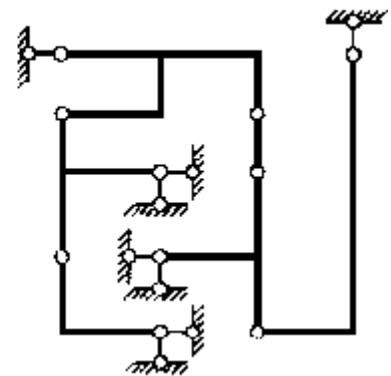
**1.1.49**



**1.1.50**



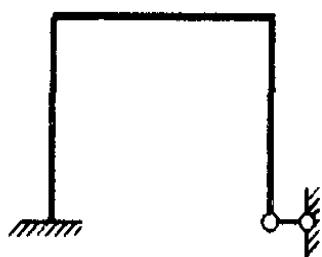
**1.1.51**



1.2-§. Tekis sterjenli sistemalarning statik noaniqlik darajasini aniqlash va ortiqcha bog'lanishlarni yo'qotish yo'li bilan ulardan statik aniq sistema tuzish.

1.2- misol. Ortiqcha bog'lanishlar sonini aniqlang va ularni olib tashlash yo'li bilan statik aniq sistema tuzing (1.2.1- rasm).

(1.10) formulasi bo'yicha ortiqcha bog'lanishlar sonini aniqlaymiz:



1.2.1-rasm

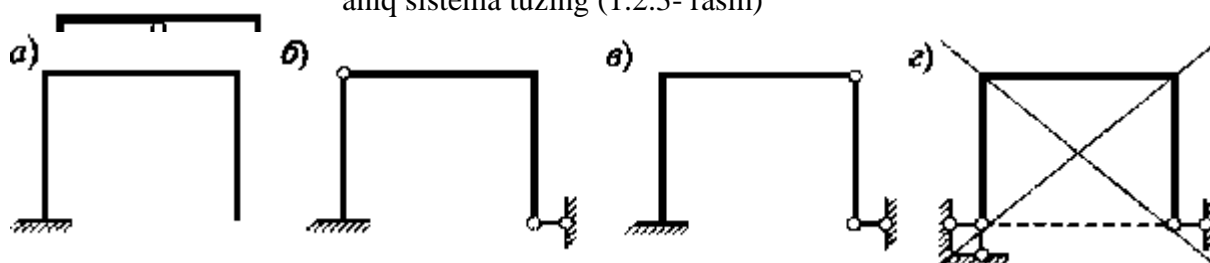
$$I = C_T + 2III - 3D = 4 + 2 \cdot 0 - 3 \cdot 1 = 1$$

Berilgan sistema bitta ortiqcha bog'lanishga ega. Agar, yuqorida keltirilgan 1- usulga asosan, sistemaning o'ng tayanchidagi gorizontal sterjen olib tashlansa, olingan sistema eng oddiy statik aniq sistema bo'ladi (1.2.2, a). Agar chap yoki o'ng tuguniga oddiy sharnir kiritilsa, sistema unchalik yaxshi tanlanmagan bo'ladi (1.2.3, b,v). Qistirilgan tayanchga sharnir kiritish mumkin emas, chunki shunday tartibda olingan sistema oniy o'zgaruvchan bo'ladi (disk yerga bir nuqtada kesishuvchi

uchta tayanch sterjenlari bilan biriktiriladi).

1.2.2- rasm

1.2.1- misol. Ortiqcha bog'lanishlar sonini aniqlang va ularni olib tashlash yo'li bilan statik aniq sistema tuzing (1.2.3- rasm)



1.2.3rasm

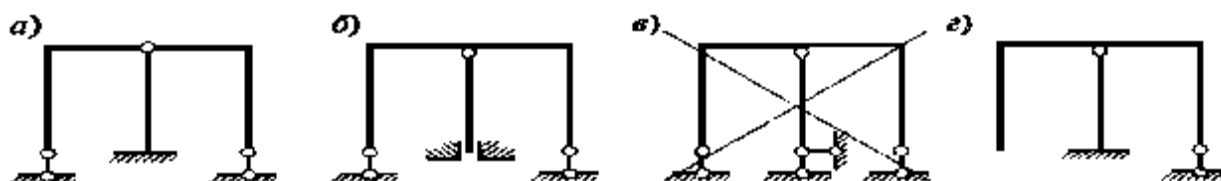
Ortiqcha bog'lanishlar sonini aniqlaymiz.

$$I = C_T + 2III - 3D = 5 + 2 \cdot 1 - 3 \cdot 2 = 1$$

Berilgan sistema bitta ortiqcha bog'lanishga ega.

Bu bog'lanishni, yoki biror shartli zarur tayanch sterjenini olib tashlash yo'li bilan (1- usul) yoki oddiy sharnir kiritish yo'li bilan (3- usul), yo'qotish mumkin.

Berilgan sistema simmetrik bo'lganligi sababli, statik aniq sistemani ham simmetrik tanlash maqsadga muvofiqdir.



1.2.4- rasm

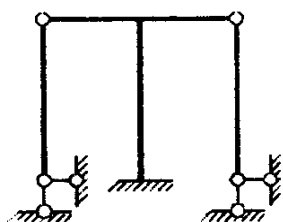
Buni, gorizontal sterjenning o'rtasiga oddiy sharnir kiritish yordamida (1.2.4, a- rasm) yoki uchta tayanch sterjeniga teng kuchli bo'lgan qistirilgan tayanchning vertikal tayanch sterjenini olib tashlash yo'li bilan (1.2.4, b- rasm), bajarish mumkin.

Agar qistirilgan tayanchga sharnir kiritilsa, u holda oniy o'zgaruvchi sistema hosil bo'ladi (1.2.4, v- rasm).

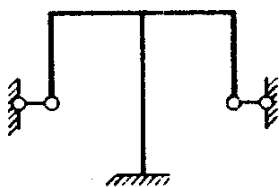
Yo chapdagi, yo o'ngdagi bitta tayanch sterjenini olib tashlash mumkin, u holda statik aniq sistema nosimmetrik bo'ladi (1.2.4, g- rasm).

1.2.01 ... 1.2.36- masalalar. Ortiqcha bog'lanishlar soni  $L$  aniqlansin va ularni olib tashlash yo'li bilan statik aniq sistemalar tuzilsin.

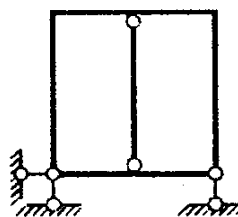
1.2.19



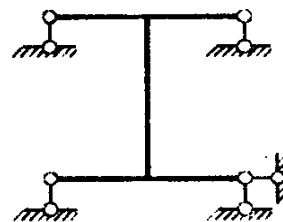
1.2.20



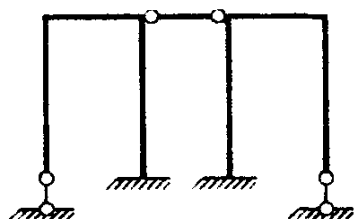
1.2.21



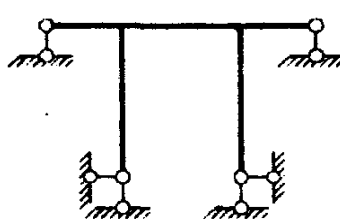
1.2.22



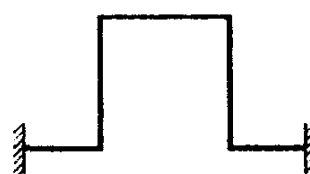
1.2.23



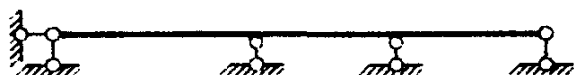
1.2.24



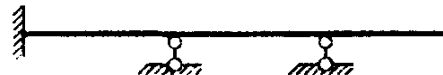
1.2.25



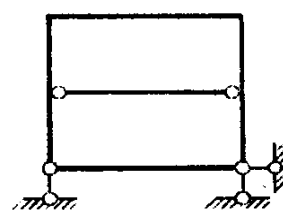
1.2.26



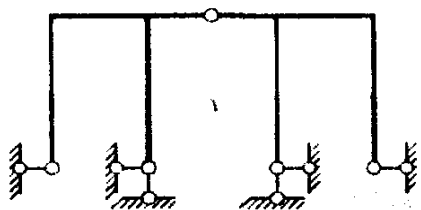
1.2.27



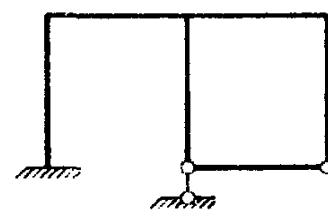
1.2.28



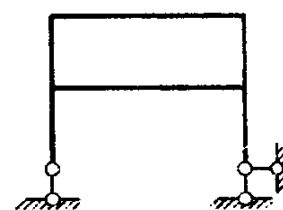
1.2.29



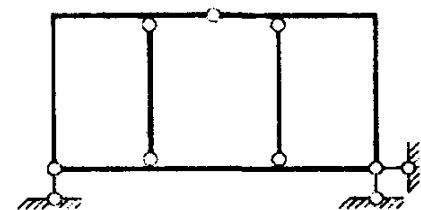
1.2.30



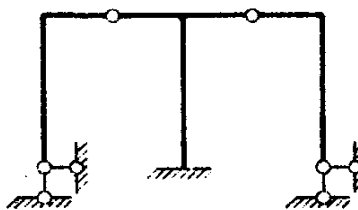
1.2.31



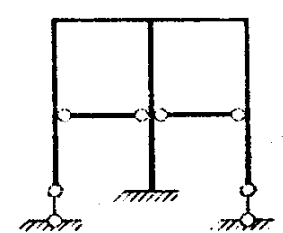
1.2.32



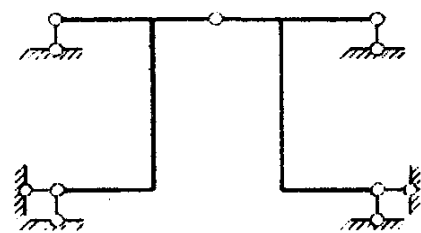
1.2.33



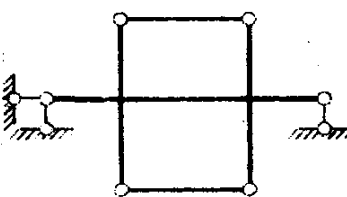
1.2.34



1.2.35



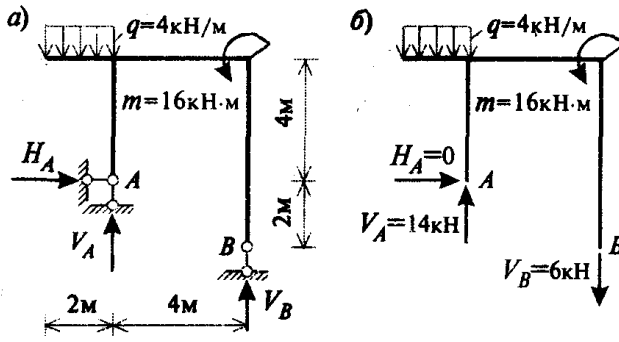
1.2.36



## INSHOOTLARNI DOIMIIY YUKLAR TA'SIRIGA HISOBLASH

**2.1- misol.** 2.1.1, a- rasmda ko'rsatilgan oddiy ramaning tayanch reaksiyalari to'lsin.

Oz sonli sterjenlardan tuzilgan, tugunlarda o'zaro birk bog'langan va yerga (boshqa diskka) bir nuqtada kesishmaydigan uchta tayanch sterjenlari yordamida mahkamlangan, bir diskli geometrik o'zgarmas sistemani *oddiy rama* deb tushunamiz.



**2.1.1-rasm**

SHunday sistemalarda, odatda, bitta qaysidir reaksiya (berilgan misolda -  $N_A$ ) qaysidir o'q ( $x$  o'qi) bo'ylab yo'nalgan, boshqa ikkitasi ( $V_A, V_V$ ) esa, unga perpendikulyar bo'ladi. Bundan ma'lumki dastlab  $\Sigma X = 0$  tenglamasini tuzish lozim,

bundan  $N_A=0$  ekanligini to'amiz.  $V_V$  reaksiyasini to'ish uchun  $\Sigma M_A=0$  tenglamasini tuzamiz:

$$-V_B \cdot 4 - 4 \cdot 2 \cdot 1 - 16 = 0, \text{ bundan } V_V = -6 \text{ kN.}$$

«Minus» ishorasi  $V_V$  reaksiyasi dastlab faraz qilganimizdek yuqoriga emas, pastga yo'nalganligini ko'rsatadi. Nihoyat,  $V_A$  reaksiyasini  $\Sigma M_V=0$  tenglamasidan aniqlaymiz:

$$V_A \cdot 4 - 4 \cdot 2 \cdot 5 - 16 = 0, \text{ bundan } V_A = 14 \text{ kN.}$$

2.1.1, b- rasmda to'lgan tayanch reaksiyalarining qiymatlari va yo'nalishlari ko'rsatilgan. Ularning qiymatlarini to'g'riligini tekshirish uchun  $\Sigma Y = 0$  tenglamasini tuzamiz:

$$-4 \cdot 2 + 14 - 6 = 14 - 14 = 0.$$

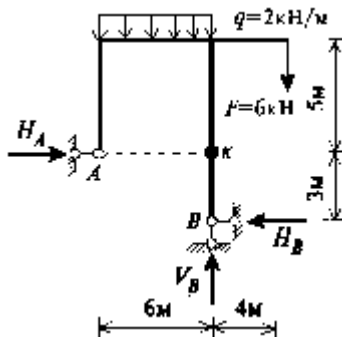
Demak, tayanch reaksiyalari to'g'ri aniqlangan.

*Javob:*  $N_A = 0$ ;  $V_A = 14 \text{ kN}$ ;  $V_V = -6 \text{ kN}$ .

2.1- misoldagi ramaning tayanch birikmasini *balkasimon* birikma deyish mumkin. SHunday bir diskli sistemalarda vertikal yuklar ta'siridan gorizontalar reaksiyalar 'aydo bo'lmaydi. SHunday ramalar yana, *hovonsiz ramalar* deyiladi.

Sistemalarda faqat vertikal yuklar ta'siridan, reaksiyaning *hovon* deb nomlanuvchi gorizontalar tashkil etuvchisi 'aydo bo'lsa, bunday sistemalar *hovonli sistemalar* deyiladi.

**2.2-misol.** Ramaning tayanch reaksiyalari aniqlansin (2.1.2- rasm).



**2.1.2-rasm**

2.1.2-rasmda reaksiyalarning ehtimoliy yo'nalishlari ko'rsatilgan. Birinchi misoldan ma'lumki, yagona vertikal reaksiya  $V_V$  ni  $\Sigma Y=0$  shartidan aniqlaymiz:

$$V_V - 2 \cdot 6 - 6 = 0, \text{ bundan } V_V = 18 \text{ kN.}$$

$N_V$  reaksiyasini to'ish uchun qolgan ikki tayanch reaksiyalari ta'sir chiziqlarining kesishgan nuqtasiga nisbatan barcha kuchlar momentlarining muvozanat tenglamasini tuzamiz. Bunday nuqta *moment nuqtasi* deyiladi.

$$\Sigma M_k = 0; \quad -2 \cdot 6 \cdot 3 + 6 \cdot 4 + N_V \cdot 3 = 0, \text{ bundan } N_V = 4 \text{ kN.}$$

$N_V$  reaksiyasini  $\Sigma M_A = 0$  shartidan ham to'ish mumkin.

$N_A$  reaksiyasini aniqlash uchun barcha kuchlarning  $x$  o'qiga proeksiyalari yig'indisi ko'rinishidagi muvozanat tenglamasini tuzamiz.

$$\Sigma X = 0; \quad N_A - N_V = 0, \quad N_A = N_V = 4 \text{ kN.}$$

SHunday qilib, aniqlanishi bo'yicha berilgan rama *hovonli* hisoblanadi. Reaksiyalar musbat ishorali chiqdi. Demak, ularning yo'nalishlari to'g'ri qabul qilingan.

To'lgan tayanch reaksiyalarining to'g'riligini tekshirish uchun barcha kuchlarning A nuqtasiga nisbatan momentlari tenglamasini yozamiz:

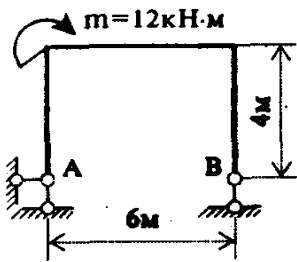
$$\Sigma M_A = 0; \quad 2 \cdot 6 \cdot 3 + 6 \cdot 10 + 4 \cdot 3 - 18 \cdot 6 = 108 - 108 = 0.$$

*Javob:*  $N_A = 4 \text{ kN}$ ,  $N_V = -4 \text{ kN}$ ,  $V_V = 18 \text{ kN}$ .

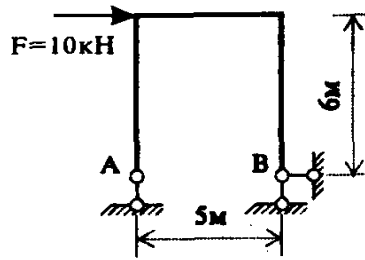
Oldingi masalani faqat bitta geometrik o'lchamini o'zgartirib yechamiz, keyin esa 2.2-misoldan yig'iq kuchni qiymatini o'zgartirib yana bir marta yechamiz.

2.1.01...2.1.54 -masalalar. Tayanch reaksiyalari va tortqichlardagi zo'riqishlar  $N_i$  to'lsin.

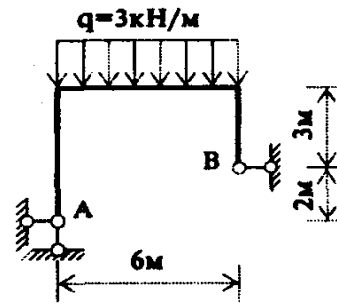
2.1.01



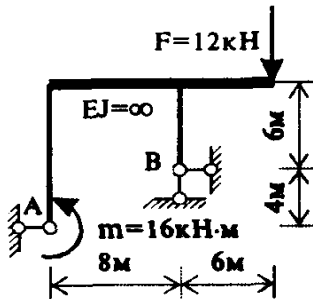
2.1.02



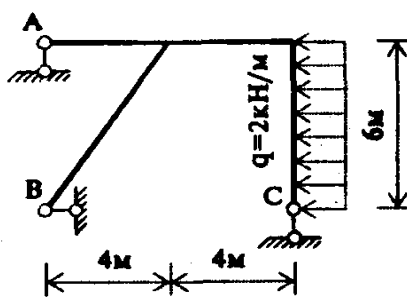
2.1.03



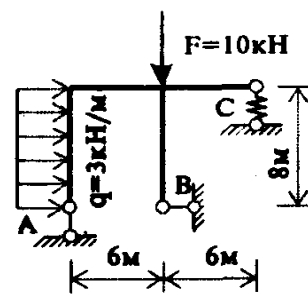
2.1.04



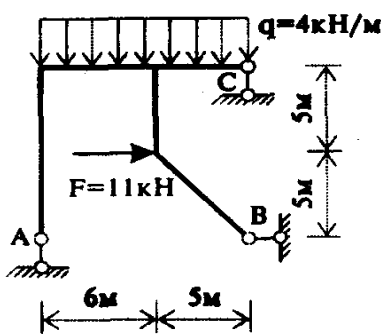
2.1.05



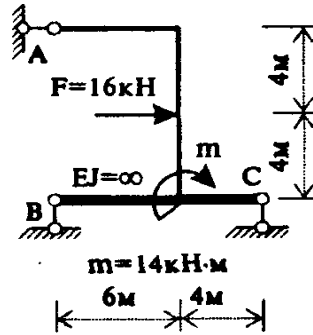
2.1.06



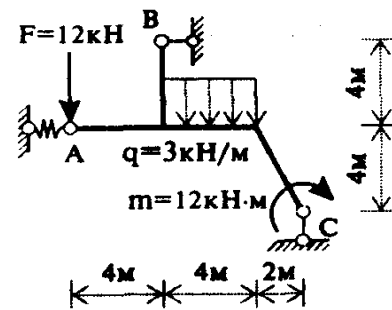
2.1.07



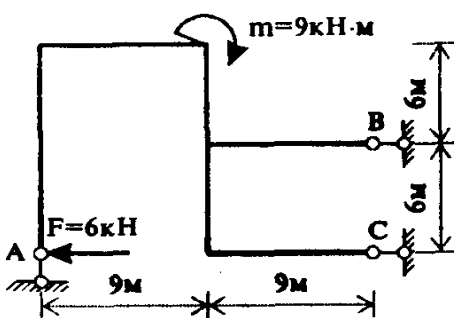
2.1.08



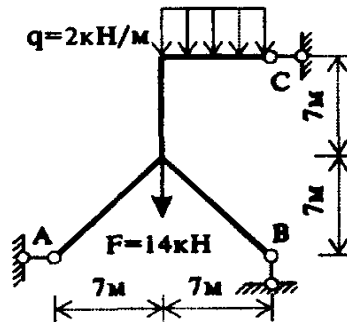
2.1.09



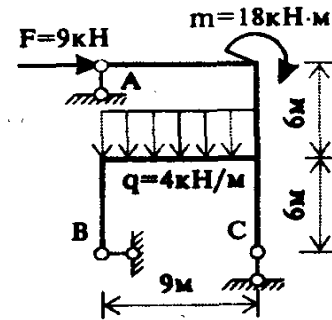
2.1.10



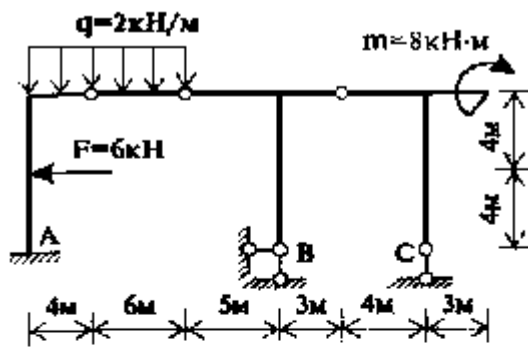
2.1.11



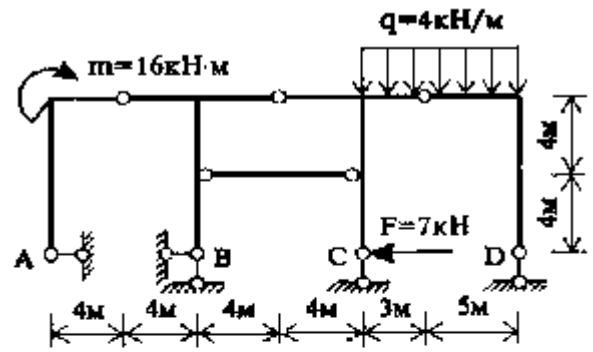
2.1.12



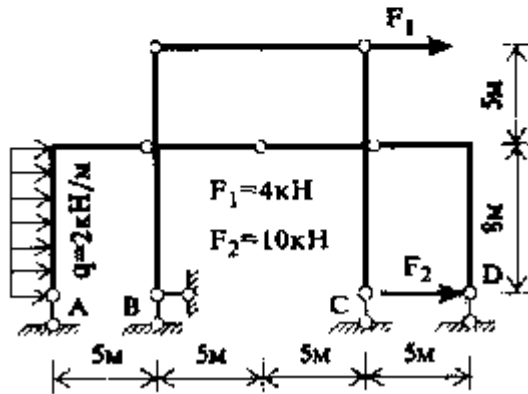
2.1.47



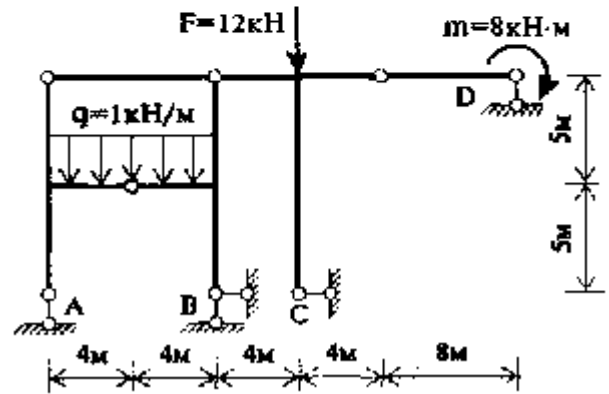
2.1.48



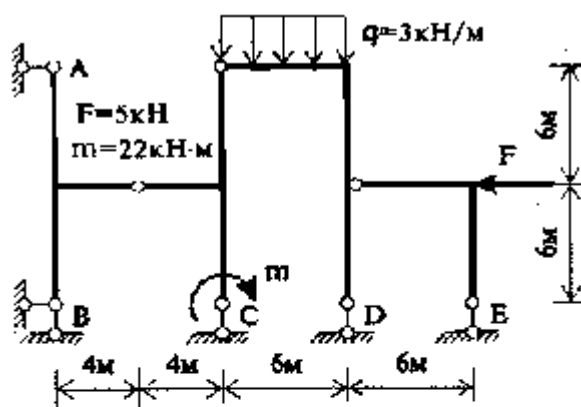
2.1.49



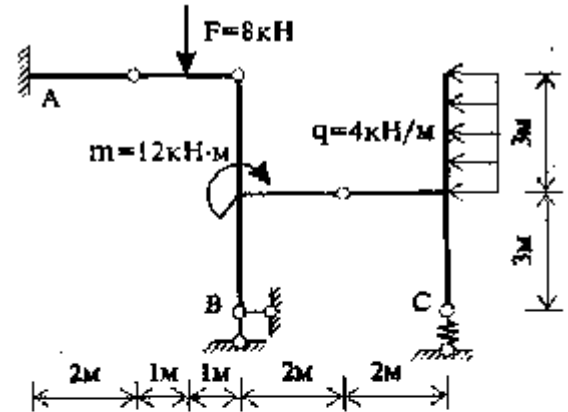
2.1.50



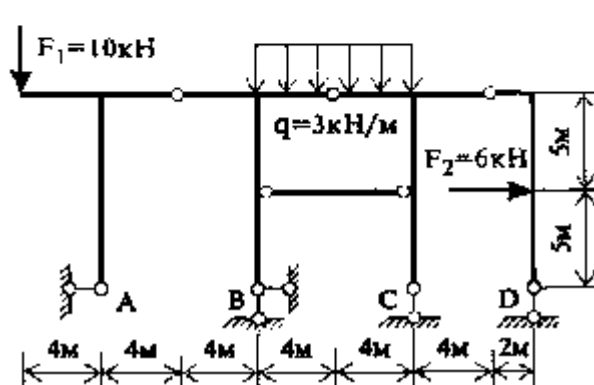
2.1.51



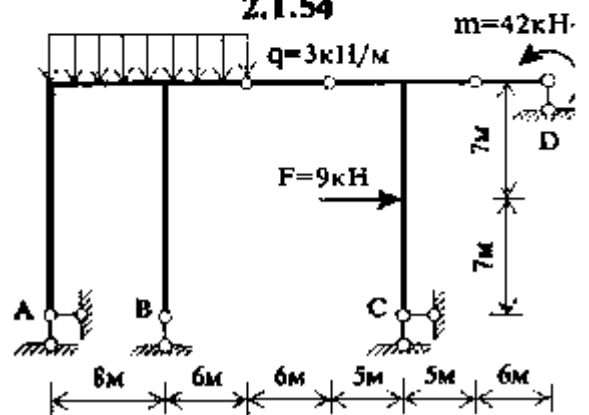
2.1.52



2.1.53



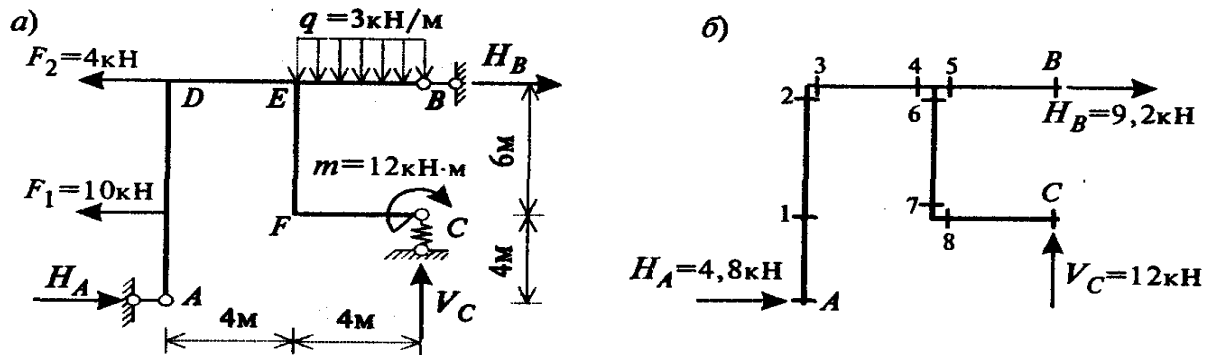
2.1.54



Ko'P oraliqli sharnir-konsolli balkalar va oddiy ramalarda ichki zo'riqishlarni aniqlash.

2.18- misol. Oddiy rama uchun  $M, Q, N$  epyuralari qurilsin (2.2.15, a- rasm).

2.2.15- rasm



Yuqorida aytilganidek (2.1-§), statik aniq sistemalarning tayanch reaksiyalarini aniqlash va  $M, Q, N$  epyuralarini qurish tayanchlarning elastik cho'kishiga bog'liq bo'lmaydi. SHuning uchun  $S$  nuqtasidagi tayanchni oddiy sharnirli-qo'zg'aluvchi tayanch sifatida qarash kerak.

**Tayanch reaksiyalarini quyidagi muvozanat tenglamalaridan aniqlaymiz:**

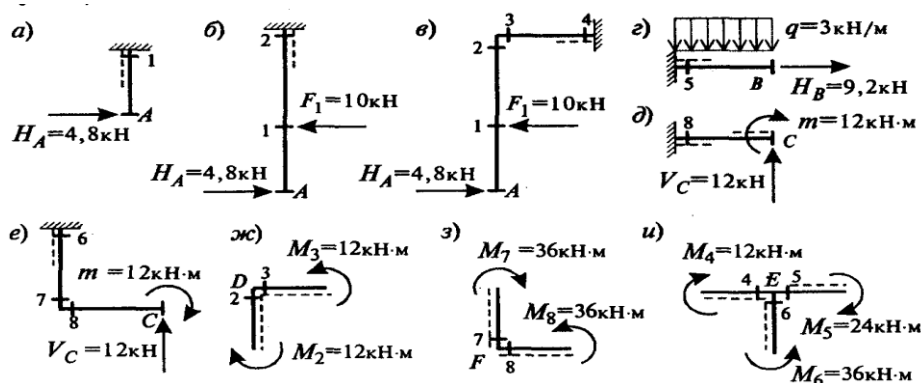
1.  $\Sigma Y = 0;$   $-3 \cdot 4 + V_S = 0$   $V_S = 12 \text{ kN};$
2.  $\Sigma M_V = 0;$   $-N_A \cdot 10 + 10 \cdot 6 + 12 - 3 \cdot 4 \cdot 2 = 0,$   $N_A = 4,8 \text{ kN};$
3.  $\Sigma X = 0;$   $4,8 - 10 - 4 + N_V = 0,$   $N_V = 9,2 \text{ kN}.$

2.2.15, b- rasmda tayanch reaksiyalarining haqiqiy qiymatlari va yo'nalishlari, shuningdek eguvchi momentlarini to'ish zarur bo'lgan xarakterli kesimlari ko'rsatilgan.

Yuqorida ko'rsatilgandek berilgan ramani bir qator konsol balkalarga ajratamiz. Buning uchun 1,2,4,5,8,6 nuqtalar orqali navbati bilan oltita kesim o'tkazamiz, har safar ramaning ko'' yuk miqdorda ta'sir qilgan qismini tashlab yuboramiz. Natijada quyidagi soddalashgan hisob sxemalarini olamiz, ulardan eguvchi momentning son qiymatlarini juda oson to'ish, qaysi tolalari cho'zilganligini belgilash mumkin (2.2.16- rasm). 2.2.16-rasmda xarakterli kesimlardagi cho'zilgan tolalar punktir chiziqlar bilan ko'rsatilgan.

Bu yerda va bundan keyin alohida sterjenlarga  $M$  epyuralarini boshqa qurmaymiz, eguvchi momentning to'ilgan qiymatlarini esa darhol berilgan hisob sxemasining cho'zilgan tolalari tomoniga qo'yamiz.

A-1 bo'lakda  $M$  epyurasi chap tomonidan cho'zilgan tolali jadvalga oid bo'ladi, 2.2.16, a- rasmdan  $M_1 = -N_A \cdot 4 = -4,8 \cdot 4 = -19,2 \text{ kN}\cdot\text{m}$ . 2.2.16, b- rasmni qarashdan,  $M_2 = -N_A \cdot 4 + F_1 \cdot 6 = -4,8 \cdot 10 + 6 \cdot 10 = 12 \text{ kN}\cdot\text{m}$  kelib chiqadi.  $F_1 = 10 \text{ kN}$  kuchidan hosil bo'lgan moment  $N_A = 4,8 \text{ kN}$  kuchidan momentga qaraganda katta bo'ldi. SHu sababli, hayolan  $N_A$  kuchini olib tashlab, faqatgina  $F_1 = 10 \text{ kN}$  kuchi ta'siridan 2-kesim doirasida o'ng tolalar cho'ziluvchi bo'lishini aniqlaymiz.  $D$  tugunining (2.2.16, j- rasm) muvozanatidan  $M_3 = M_2 = 12 \text{ kN}\cdot\text{m}$  kelib chiqadi, pastki tolalar cho'ziluvchi bo'ladi. 4-kesimdagi eguvchi momentni 2.2.16, v- rasm bo'yicha to'amiz:



2.1.16-rasm.

$M_4 = -N_A \cdot 10 + F_1 \cdot 6 = -4.8 \cdot 10 + 10 \cdot 6 = 12 \text{ kN}\cdot\text{m}$ . SHu rasmning o'zida esa 4 -kesim yaqinidagi cho'ziluvchi tolalar ko'rsatilgan. 5-V bo'lagida (2.2.16, g- rasm)  $M$  epyurasi, yuqorigi cho'ziluvchi tolalari va  $M_5 = (-ql^2)/2 = -3 \cdot 16/2 = -24 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$  momenti bilan jadvalga oid bo'ladi. S kesimidagi (2.2.16, d- rasm) moment tashqi yig'iq moment  $m=12 \text{ kN}$  ( $M_C = m=12\text{kN}\cdot\text{m}$ ) ga teng. Tashqi momentni tasvirlovchi yoysimon strelka boshlanishi yuqorida joylashganligi sababli, S kesimida yuqorigi tolalar cho'ziluvchi bo'ladi. 8-kesimidagi eguvchi momentni 2.2.16, d - rasmdan to'amiz :  $M_8 = V \cdot 4 - m = 12 \cdot 4 - 12 = 36 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ .  $M_8 = 36 \text{ kN}\cdot\text{m}$  momentiga  $V_C = 12 \text{ kN}$  kuchi katta hissa qo'shdi, uning ta'siridan 8 -kesimda pastki tolalar cho'ziladi.  $F$  tugunining muvozanatidan  $M_7 = M_8 = 36 \text{ kN}\cdot\text{m}$  kelib chiqadi. Cho'zilgan tolalar uktir bilan ko'satilgan. Nihoyat, 2.2.16, ye- rasmni qarashdan  $V_C = 12 \text{ kN}$  kuchining yelkasi 6-7 bo'lak uzunligida doimiy bo'ladi, u holda shu bo'lakda eguvchi moment ham doimiy yahni  $M_6 = M_7 = 36 \text{ kN}\cdot\text{m}$  bo'ladi.

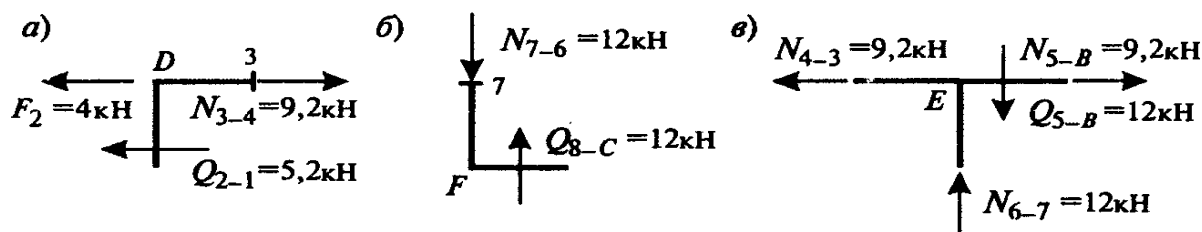
#### 4.5.6-kesimlarda to'lgan eguvchi momentlarning qiymatlari uch sterjenli Ye tugunining (2.2.16, i -rasm) muvozanat shartlarini qanoatlantiradi.

Eguvchi momentlar epyurasi 2.2.18, a- rasmda keltirilgan.

$M$  epyurasi bo'yicha  $Q$  epyurasini ma'lum qoida bo'yicha quramiz.  $Q_{A-1} = -19,2/4 = -4,8\text{kN}$ ;  $Q_{2-1} = (19,2+12)/6 = 5,2\text{kN}$ ;  $Q_{3-4} = 0$ ;  $Q_{6-7} = 0$ ;  $Q_{8-5} = -(36+12)/4 = -12\text{kN}$ . 5-V bo'lakning 5-kesimida ordinatasi  $Q_{5V} = ql = 3 \cdot 4 = 12 \text{ kN}$  ga teng bo'lgan  $Q$  epyurasi jadvalga oid bo'ladi.

Butun rama uchun kesuvchi kuchlar epyurasi  $Q$  2.2.18, b-rasmda ko'rsatilgan.  $N$  epyurasini qurish uchun  $D, F, E$  tugunlarini (2.2.17-rasm) navbati bilan kesib, quyidagi mulohazalarni qo'llab ongimizda (dilda) ularning muvozanatini bajaramiz.

$D$  tuguni (2.2.17, a- rasm)  $u$  o'qi bo'yicha muvozanatlashib bo'lgan  $x$  o'qi bo'yicha chapga yo'nalgan yig'indi gorizontal kuchi  $F_2 + Q_{2-1} = 4 + 5,2 = 9,2\text{kN}$  ta'sir qiladi. Tugun  $x$  o'qi bo'yicha muvozanatda bo'lishi uchun qiymati  $9,2\text{kN}$  ga teng va o'ngga yo'nalgan gorizontal kuchini qo'yishi kerak. Agar 3-4 sterjenining 3-kesimiga tugundan ketuvchi yo'nalishda (sterjen cho'ziladi)  $N_{3-4} = 9,2 \text{ kN}$  bo'ylama kuchi qo'yilsa, bu shartni bajarish mumkin.



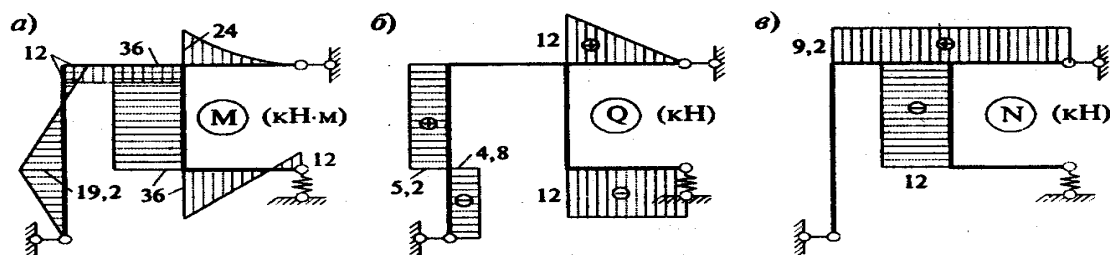
2.2.17- rasm

$F$  tuguni (2.2.17, b- rasm)  $x$  o'qi bo'yicha muvozanatlashgan.  $u$  o'qi bo'yicha, yuqoriga yo'nalgan faqat bitta kesuvchi kuch  $Q_{8-5} = 12 \text{ kN}$  ta'sir qiladi. Bu o'q bo'yicha tugun muvozanatlashgan bo'lishi uchun pastga yo'nalgan vertikal kuch  $12 \text{ kN}$  ni qo'yish kerak. Buni 7-6 sterjenining 7-kesimiga tugunga yo'nalgan (sterjen siqiladi) vertikal bo'ylama kuch  $N_{7-6} = 12 \text{ kN}$  ni qo'yish yo'li bilan qilish mumkin.

$E$  tuguni (2.2.17, v- rasm)  $Q$  epyurasidan olingan musbat qiymatli  $Q_{5-8} = 12 \text{ kN}$  dan tashqari,  $D$  tugunini tekshirishdan yuqorida to'lgan, musbat bo'ylama kuch  $N_{4-3} = 9,2\text{kN}$  ni qo'yish kerak. Yuqorida keltirilgan mulohazalarni qo'llab,  $N_{5-V} = 9,2 \text{ kN}$  va  $N_{6-7} = -12 \text{ kN}$  larni olamiz.

Butun rama uchun bo'ylama kuchlar  $N$  epyurasi 2.2.18, v- rasmda ko'rsatilgan.

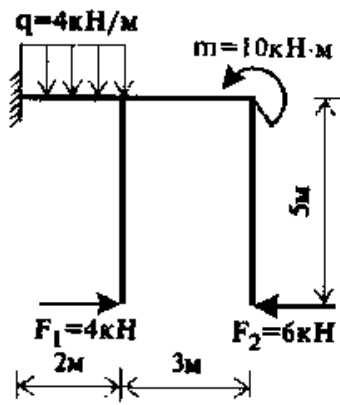
2.2.18- rasm



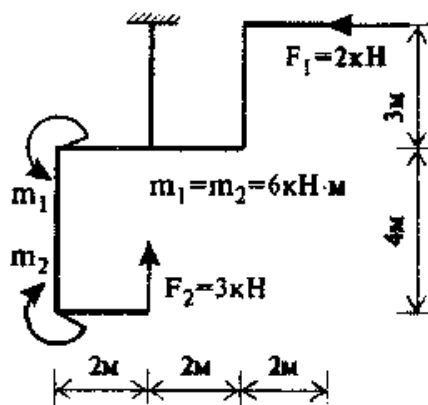


**2.2.01...2.2.59- misollar.  $M$ ,  $Q$ ,  $N$  epyuralari qurilsin.**

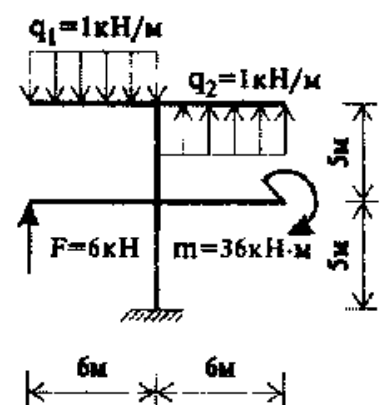
2.2.13



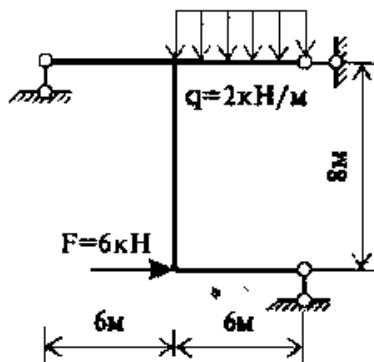
2.2.14



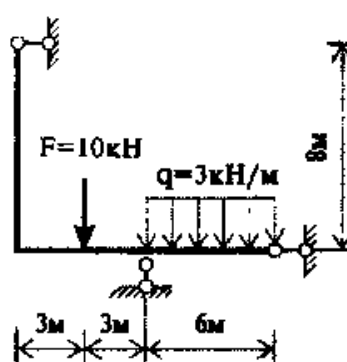
2.2.15



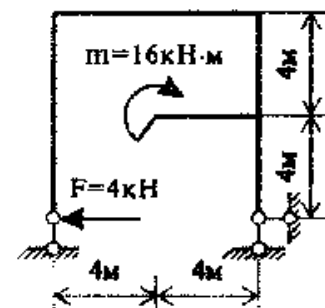
2.2.16



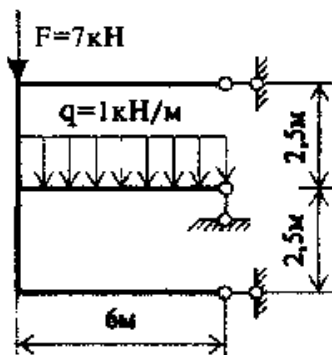
2.2.17



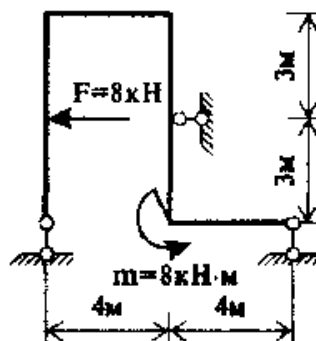
2.2.18



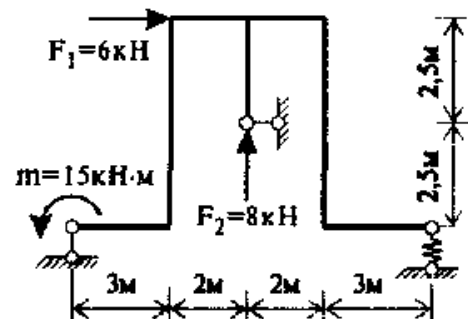
2.2.19



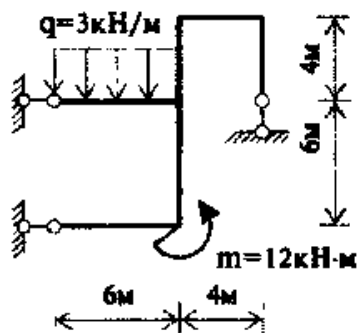
2.2.20



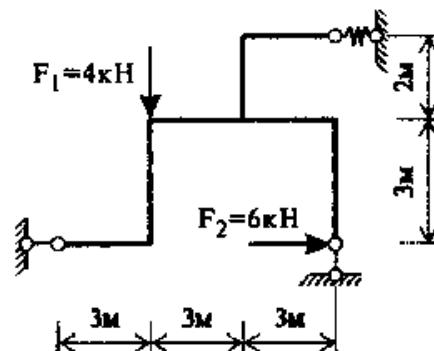
2.2.21



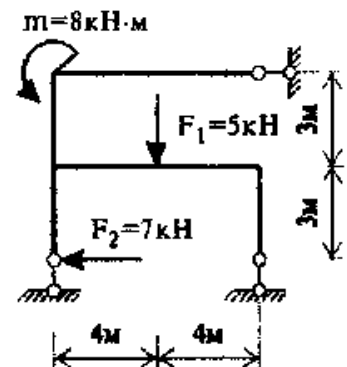
2.2.22



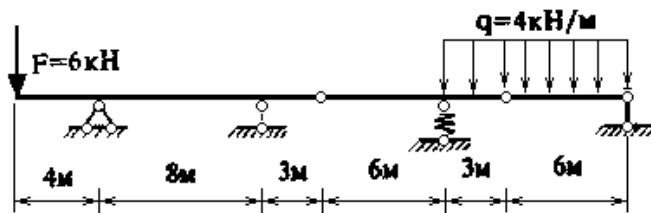
2.2.23



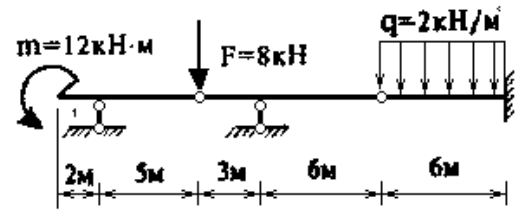
2.2.24



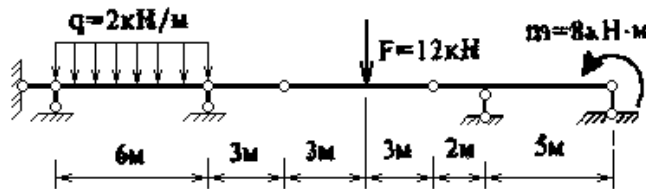
2.2.50



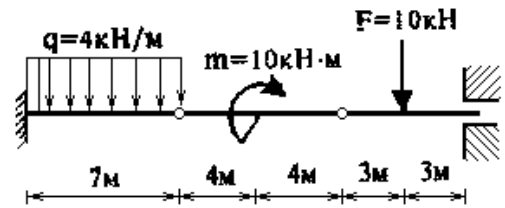
2.2.51



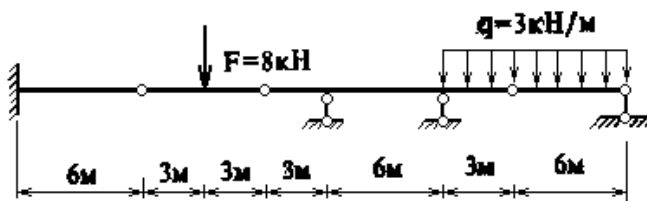
2.2.52



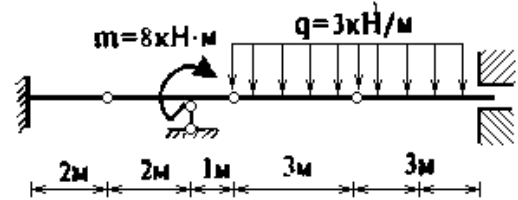
2.2.53



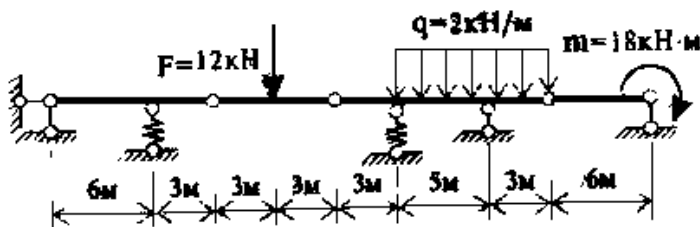
2.2.54



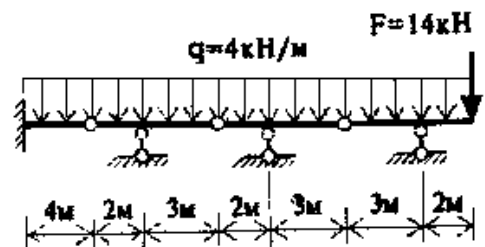
2.2.55



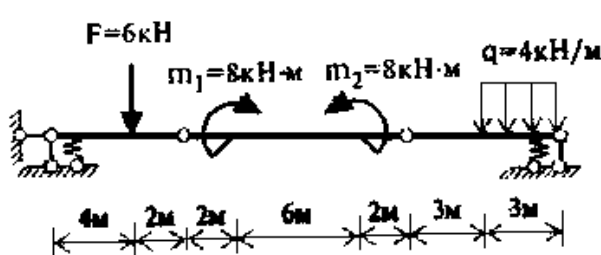
2.2.56



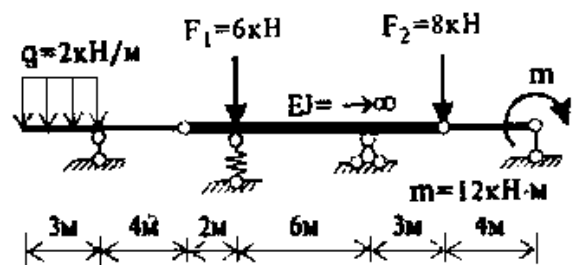
2.2.57



2.2.58



2.2.59



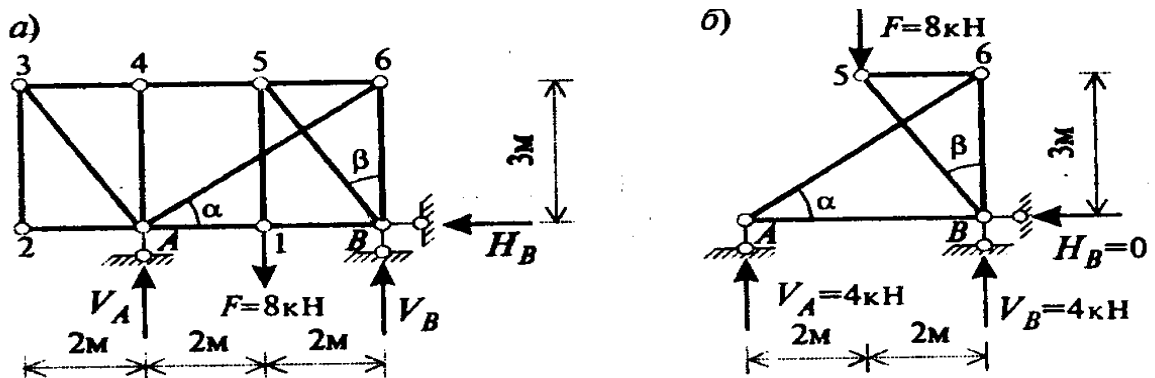
*Fermalar va qo'shilgan (qurama) sistemalarda ichki zo'riqlashlarni aniqlash*

**2.36- misol.** 2.4.5, a- rasmda tasvirlangan ferma sterjenlarining zo'riqlashlari aniqlansin.

Tugunlar muvozanatining xususiy holatlari asosida berilgan ferma uchun nolinch sterjenlarni oson aniqlash mumkin. SHunday, yuklanmagan ikki sterjenli 2-tugunda ikkala sterjen 2-A va 2-3 nolinch bo'ladi (1-hol), yahni  $N_{2-A}=N_{2-3}=0$ , va bu tugunni sterjenlari bilan hayolda olib tashlaymiz. Unda 3-tugun ham ikki sterjenli yuklanmagan tugun bo'lib qoladi va 3-4 va 3-A sterjenlaridagi zo'riqlash nolinch bo'ladi, yahni  $N_{3-4}=N_{3-A}=0$ .

Hayolan 3-tugunni olib tashlab, 4-tugunga o'tamiz. Yuqoridagidek mulohazalardan  $N_{4-5}=N_{4-A}=0$  ga kelamiz. Nihoyat, 1-tugunga tugunlar muvozanatining 3-holini qo'llab  $N_{1-5}=F=8$  kH,  $N_{1-A}=N_{1-B}$  ni olamiz. Hisoblarni osonlashtirish uchun zo'riqlashi ma'lum 1-5 sterjenini olib tashlab,  $F=8$  kH kuchni yuqorigi 5-tugunga ko'chirish mumkin.

Nolinch sterjenlari va 1-5 sterjeni olib tashlangandan so'nggi hisoblashga mo'ljallangan osonlashtirilgan ferma 2.4.5, b- rasmda ko'rsatilgan.



2.4.5-rasm

A, 5, 6 tugunlarini ketma-ket kesib, ferma hamma sterjenlaridagi zo'riqlashlarni to'amiz.

A tugun (2.4.6, a-rasm):

$$\sum Y=0; V_A + N_{A-6} \cdot \sin \alpha = 0;$$

$$N_{A-6} = -V_A / \sin \alpha = -4 / 0,6 = -6,6679 \text{ kH}$$

$$\sum X=0; N_{A-B} + N_{A-6} \cos \alpha = 0;$$

$$N_{A-B} = -(-6,667) \cdot 0,8 = 5,333 \text{ kH};$$

5 – tugun (2.4.6, b- rasm):

$$\sum U=0; -F - N_{5-B} \cos \beta = 0;$$

$$N_{5-B} = -F / \cos \beta = -8 / 0,832 = -9,615 \text{ kH};$$

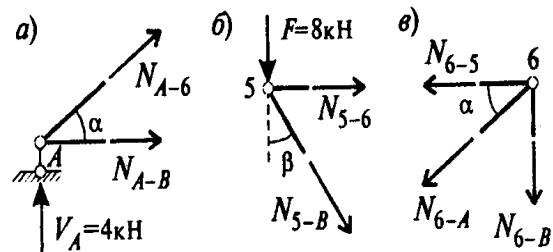
$$\sum X=0; N_{5-6} + N_{5-B} \sin \beta = 0;$$

$$N_{5-6} = -(-9,615) \cdot 0,5547 = 5,333 \text{ kH}.$$

6- tugun (2.4.6, v- rasm) :

$$\sum Y=0; -N_{6-A} \sin \alpha - N_{6-V} = 0; N_{6-V} = -(-6,667) \cdot 0,6 = 4 \text{ kN}.$$

Javob:  $N_{1-5}=8$  kN;  $N_{1-A}=N_{1-V}=5,333$  kN;  $N_{A-6}=-6,667$  kN;  $N_{5-6}=5,333$  kN;  $N_{5-V}=-9,615$  kN;  $N_{6-V}=4$  kN. Qolgan sterjenlarda zo'riqlash nolga teng.



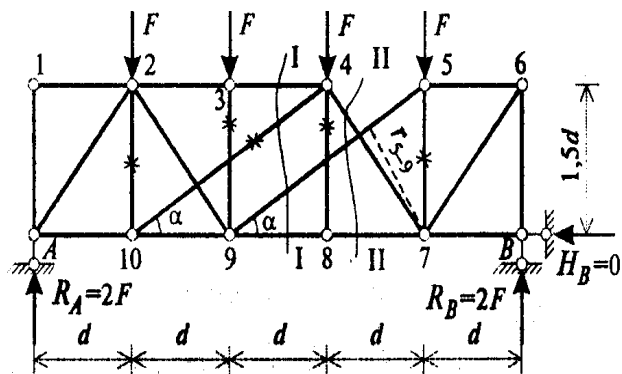
$$\sin \alpha = 0,6; \quad \sin \beta = 2/\sqrt{13} = 0,5547;$$

$$\cos \alpha = 0,8; \quad \cos \beta = 3/\sqrt{13} = 0,832.$$

2.4.6 – rasm

2.37- misol. 2.4.7- rasmda tasvirlangan ferma belgilangan elementlarining bo'ylama zo'riqishlari aniqlansin.

Tugunlar muvozanatining xususiy hollaridan  $N_{8-4}=0$ ,  $N_{3-9}=-F$  kelib chiqadi.



2.4.7-rasm

$N_{4-10}$  zo'riqishni aniqlash uchun I-I kesimini o'tkazamiz, o'ng tomonini tashlab yuborib, qolgan chap qismining muvozanatini qaraymiz. Yuqorida keltirilgan usullarning birortasidan ham, aniqlanadigan zo'riqishni ikkita noma'lumi bo'lgan bitta tenglamadan darhol to'ish imkoniyati bo'lmaydi. Bunday hollarda quyidagicha ish tutiladi. II-II, yordamchi kesim o'tkazamiz, chap qismini tashlab yuboramiz va o'ng qismidagi hamma kuchlarni 7-moment nuqtasiga

nisbatan momentlarining yig'indisi shaklidagi muvozanat tenglamasini tuzamiz (2.4.8, a- rasm).

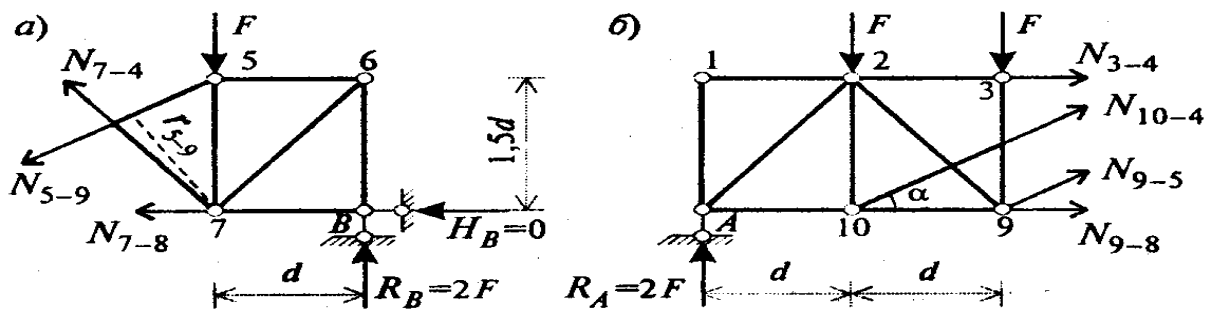
$\sum M_7^{uHk} = 0$ ;  $-2Fd - N_{5-9} \cdot r_{5-9} = 0$ ;  $N_{5-9} = -2Fd/r_{5-9} = -2Fd/(2d \sin \alpha) = -F/\sin \alpha = -1.667F$ , bu yerda  $r_{5-9} = N_{5-9}$  kuchining yelkasi, va  $\sin \alpha = 0,6$ .

SHundan so'ng I-I, kesimiga qaytib, barcha chap qismidagi kuchlarning  $N_{5-9}$  ning to'ilgan qiymatini hisobga olgan holda  $u$  o'qiga proeksiyalarining yig'indisi ko'rinishidagi muvozanat tenglamasini tuzamiz (2.4.8, b- rasm).

$$\sum Y^{yan} = 0; 2F - F - F + N_{10-4} \cdot \sin \alpha + N_{9-5} \cdot \sin \alpha = 0;$$

$$N_{10-4} = -N_{9-5} = -(-1.667F) = 1.667F.$$

10-2 va 5-7 sterjenlaridagi zo'riqishlarni 10 va 5 tugunlarni kesish usulida aniqlaymiz (2.4.9- rasm).



2.4.8-rasm

10-tugun (2.4.9, a- rasm):

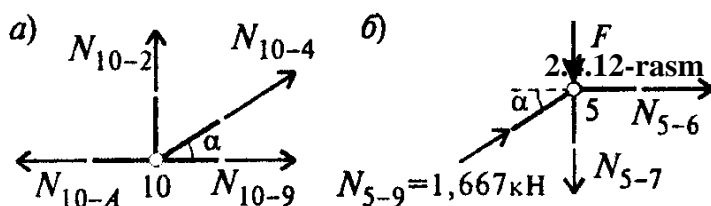
$$\sum Y = 0; N_{10-2} + N_{10-4} \cdot \sin \alpha = 0; N_{10-2} = -1.667F \cdot 0,6 = -F.$$

5- tugun (2.4.9, b- rasm):

$$\sum Y = 0; -F - N_{5-7} + N_{5-9} \cdot \sin \alpha = 0; N_{5-7} = 1.667F \cdot 0,6 - F = F - F = 0.$$

Oldin to'ilgan  $N_{5-9}$  bo'ylama kuchi manfiy bo'lganligi sababli, 2.4.9, b- rasmda u tugunga yo'naluvchi bo'lib ko'rsatilgan.

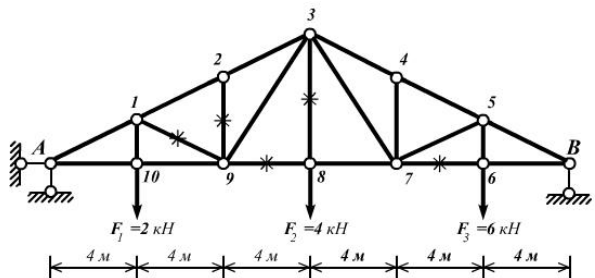
Javob :  $N_{8-4}=0$ ;  $N_{3-9}=-F$ ;  $N_{10-4}=1.667F$ ;  $N_{10-2}=-F$ ;  $N_{5-7}=0$ .



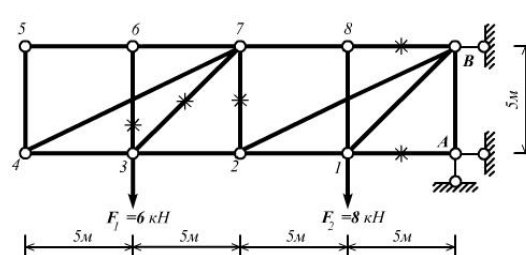
2.4.9-rasm

2.4.01 ... 2.4.26-masalalar. Ferma va qo'shilgan (qurama) sistemalarning belgilangan elementlaridagi bo'ylama zo'riqishlar  $N$  aniqlansin.

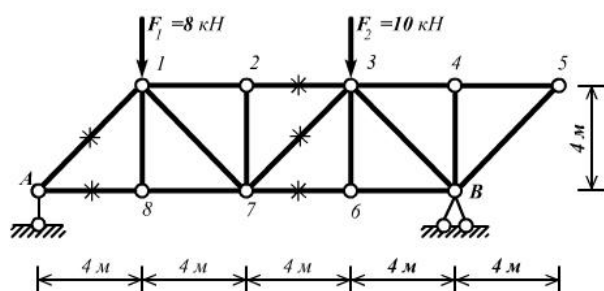
2.4.01



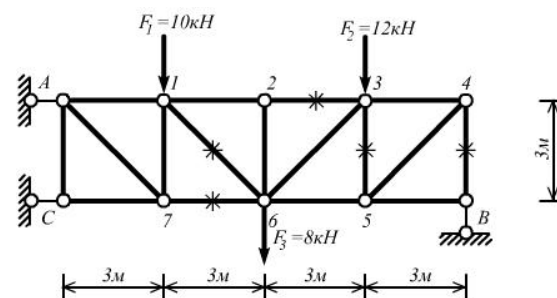
2.4.02



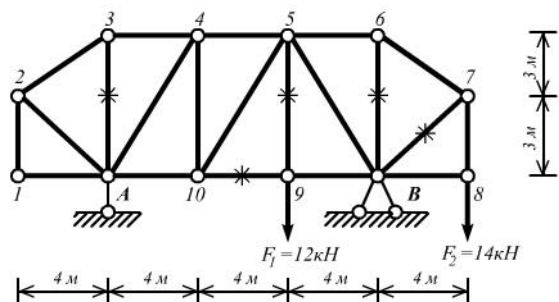
2.4.03



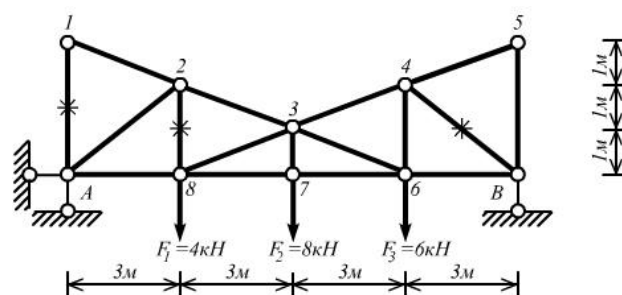
2.4.04



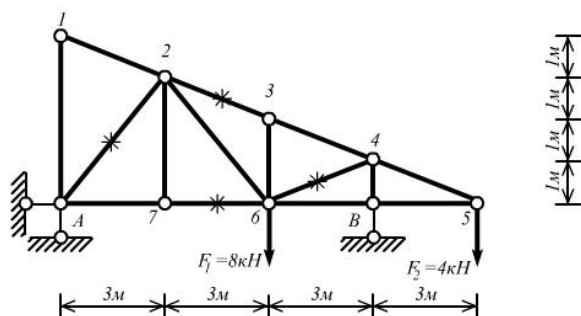
2.4.05



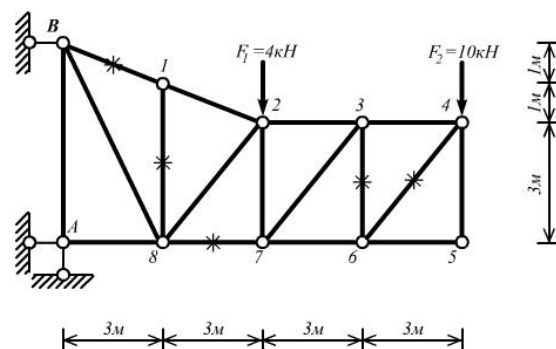
2.4.06



2.4.07

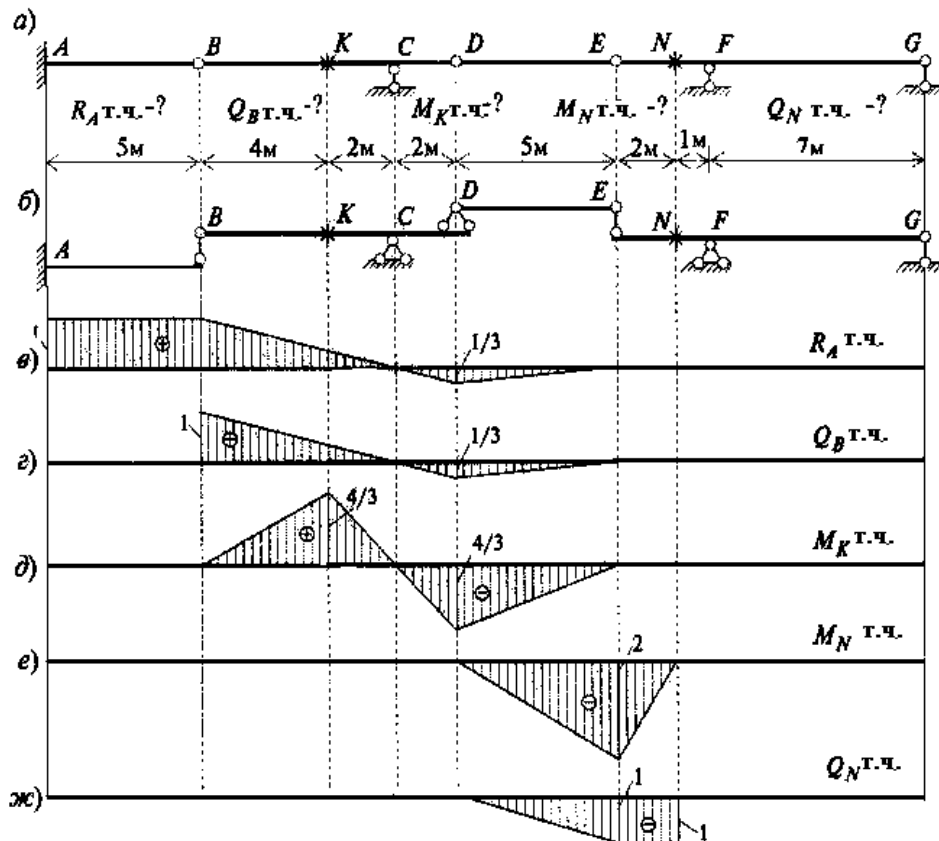


2.4.08



**ZO'RIQISHLARNING TA'SIR CHIZIQLARINI QURISH. DOIMIIY VA HARAKATLANUVCHI YUQLARDAN ZO'RIQISHLARNI ANIQLASH**

**4.2 - misol.** Balka belgilangan kesimlaridagi ichki zo'riqishlar va tayanch reaksiyalarning ta'sir chiziqlari qurilsin (4.1.4, a-rasm).



**4.1.4-rasm**

Bu ko'p oraliqli sharnir-konsolli balkaning ilgariyisidan farqli xususiyati shundan iboratki, ikkinchi oraliqdagi C va F tayanchlar orasida ikki D va Ye sharnirlari mavjud.

2. Balkalarning qavatlar sxemasi 4.1.4, b-rasmda ko'rsatilgan.

2.  $R_A$  ta'sir chizig'ining, izlanuvchi AV balkaga tegishli qismini, 4.1-jadval 1- bandidan ko'chiramiz (4.1.4, v-rasm). Izlanuvchi balkalar uchun qolgan ta'sir chiziqlari 4.2-jadval 1, 3, 5, 7-bandlaridan olamiz (4.1.4, g..j). Eslatib o'tamizki, izlanuvchi VSD balka uchun  $Q_B$  t.ch. 4.2-jadvalda yo'q, u fizik xususiyatiga ko'ra VSD balkasining soxta reaksiyasi  $R_B$  t.ch. bilan mos kelganligi sababli, 4.2 -jadval 1- banddan balkaning chap konsolini tashlab yuborib uning grafigini ko'chiramiz.

3. Oxirgi to'rtta ta'sir chiziqlarining grafiklarini yakunlash birlik yukni ikkinchi darajali DE balkasidagi harakati bilan bog'liq.

$Q_B$  t.ch. va  $M_B$  t.ch. uchun  $F=1$  kuchining DE balkasi bo'yicha harakati D sharnirdan Ye sharnirgacha ro'y beradi (4.1.4, a-rasmga qarang). Birinchi D sharnirida yuk avval bo'lgan va 1/3 (4.1.4, g-rasm) va 4/3 (4.1.4, d-rasm) ordinalari ko'rinishida «izlar qoldirgan». 3-bandning «v» bandchasida bayon etilgan qoidaga muvofiq, agar  $F=1$  yuki harakati yo'li bo'yicha ikkinchi Ye sharniri ustida bo'lganda (nolli nuqta), zo'riqishlarning ta'sir chiziqlari ordinalari shu sharnir ostida nolga teng. Aslida ham, agar  $F=1$  yuki ikkinchi Ye sharnir ustida tursa, u to'raligicha Ye nuqtadagi soxta tayanchda qabul qilinadi, yahni  $R_E=1$ . Unda  $R_D$  soxta reaksiyasi nolga teng bo'ladi. Bu holda DE balka yukni D tugun orqali VSD balkaga uzatmaydi va izlanayotgan zo'riqishlar nolga teng bo'ladi, yahni Ye sharniri ostida ta'sir chiziqlar ordinalari nolga teng bo'lishi kerak. D sharniri ostida ilgari olingan  $Q_B$  va  $M_K$  ta'sir chiziqlari ordinalarini unga mos Ye sharniri ostidagi nul ordinalari bilan to'g'ri chiziqlar orqali tutashtirib  $Q_B$  t.ch. va  $M_K$  t.ch.

yakuniy grafigini olamiz (4.1.4, g, d-rasm), chunki  $F=1$  yukining  $EFG$  balka bo'ylab harakatidan yuk  $DE$  balkasiga, mos holda izlanuvchi  $VSD$  balkasiga ham uzatilmaydi.

SHunga o'xshash,  $M_N$  t.ch. va  $Q_N$  t.ch. quriladi, faqat shu farq bilanki,  $F=1$  yuk izlanuvchi balka  $EFG$  dan boshlab o'ngdan chapga harakatlanadi, yahni Ye sharniridan  $D$  sharnirigacha. Bu holda nolli nuqta harakat yo'li bo'yicha ikkinchi  $D$  sharnirida bo'ladi.  $AV$  va  $VSD$  balkalari  $DE$  balkasiga nisbatan pastda bo'lganligi sababli, oxirgi balka izlanuvchi  $EFG$  balkasiga uzatmaydi va ulardagi yukning harakatidan ta'sir chiziqlari nol bo'ladi (4.1.4, ye, j-rasm).

Keltirilgan ikkala misoldagi har tomonlama mantiqiy mulohazalar ta'sir chiziqlarini qurishda *nol nuqtasi usulini* mazmunini tushuntiradi, masalan: izlanuvchi ta'sir chizig'i ordinatasi yuk ostida nolga teng (nolli nuqta) bo'lishi uchun, ikkinchi darajali balkalarda (izlanuvchi balkadan boshqa)  $F=1$  yukini qaerga qo'yish kerak? Bu savolga javob 179-181 betlardagi ta'sir chiziqlarini qurish qoidalarining 3-band «a» va «v» bandchalarida berilgan.

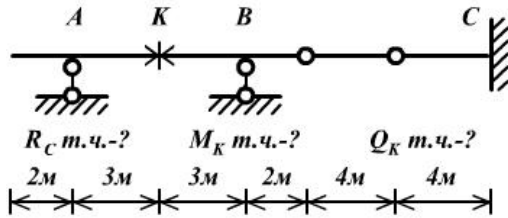
Hisoblash amaliyotida ta'sir chiziqlari yuqorida keltirilganidan *biroz rasmiyroq, sharnirlar* ostidagi oldin to'lgan ordinalarni nol nuqtalari bilan ketma-ket tutashtirish va ularni konsollarga davom ettirish yo'li bilan quriladi.

Buni  $R_A$  t.ch. qurish misolida tasvirlab beramiz (4.1.4, a-rasmga qarang). Aytib o'tganimizday,  $AV$  balkasi uchun  $R_A$  t.ch. 4.1-jadvaldan olingan.  $VSD$  balkasi bo'yicha  $F=1$  yuki harakatidan  $V$  nuqta ostidagi birga teng ordinatani  $S$  nuqta ostidagi yerga tiralgan tayanch nol nuqtasi bilan tutashtiramiz va uni  $SD$  konsolga davom ettiramiz. Uchburchaklarning o'xshashligidan,  $DE$  balkaning birinchi  $D$  sharniri ostidagi ta'sir chizig'ini  $1/3$  ga teng bo'lgan ordinatasini to'amiz. Uni yukning  $DE$  balkasi bo'yicha harakatida Ye sharniri ostidagi ikkinchi sharnirning nolli nuqtasi bilan tutashtiramiz. Yukning  $EFG$  balka bo'yicha harakatidan,  $R_A$  t.ch. qoidaning 4-bandiga asosan nolli bo'ladi.

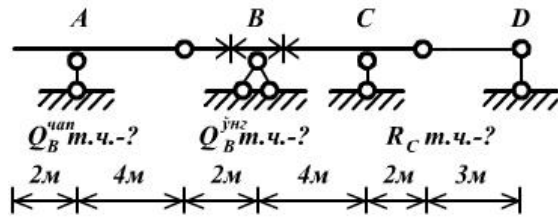
**4.1.01...4.1.29 - masalalar.** Belgilangan kesimlarning ichki zo'riqishlari va tayanch reaksiyalarining ta'sir chiziqlari qurilsin.  $F=1$  kuchining sterjen bo'ylab harakati punktir bilan belgilangan.



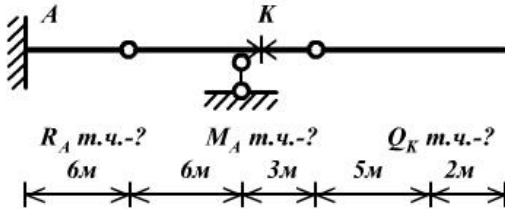
4.1.01



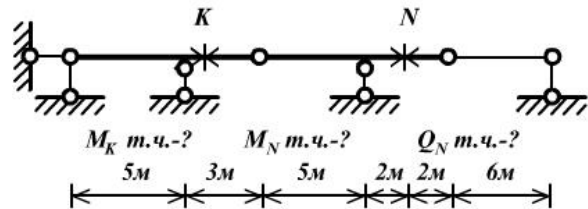
4.1.02



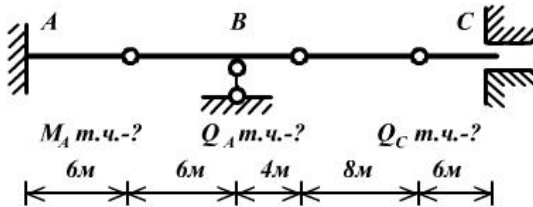
4.1.03



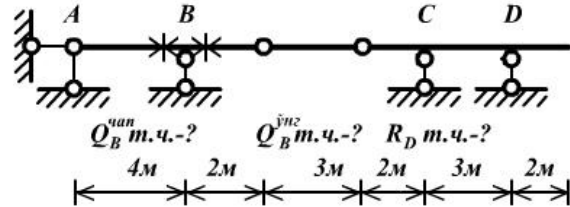
4.1.04



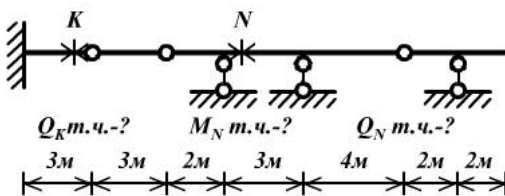
4.1.05



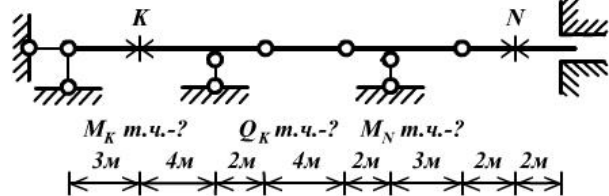
4.1.06



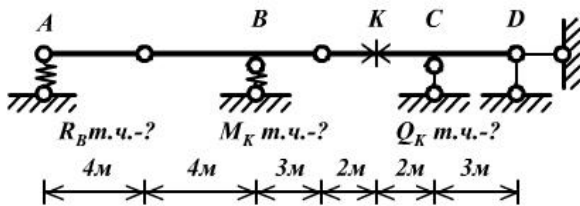
4.1.07



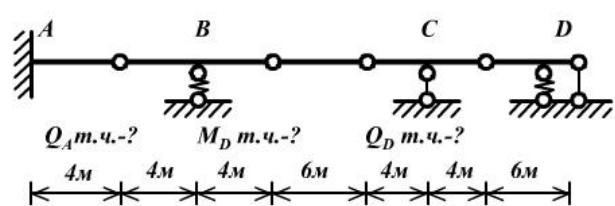
4.1.08



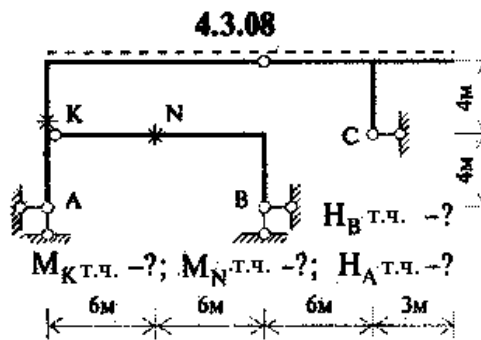
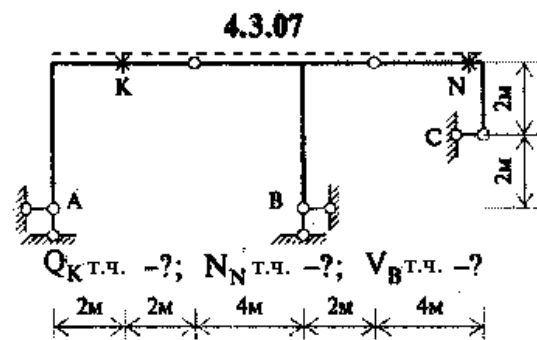
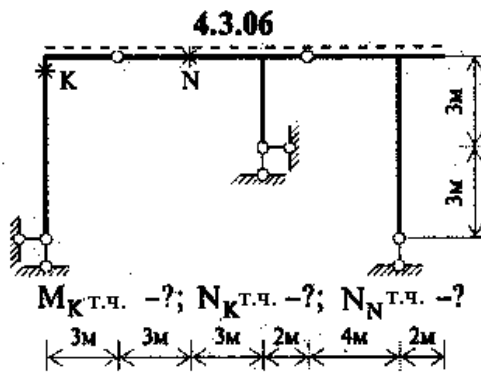
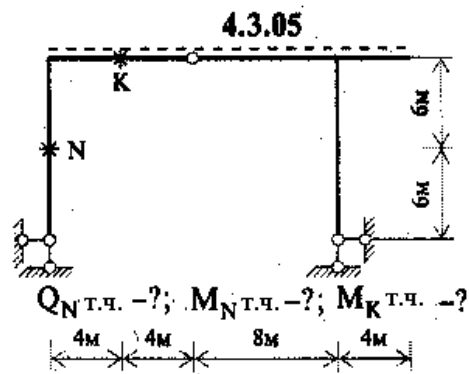
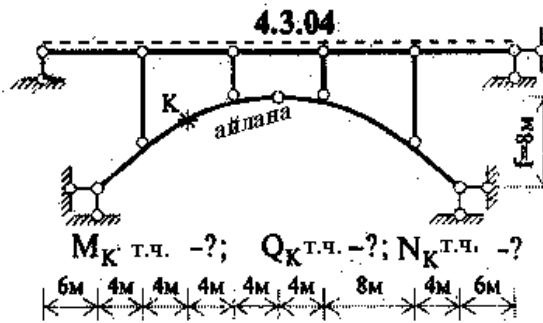
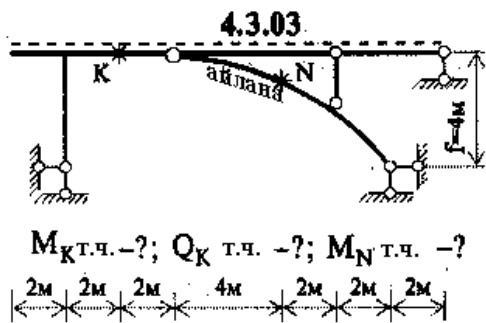
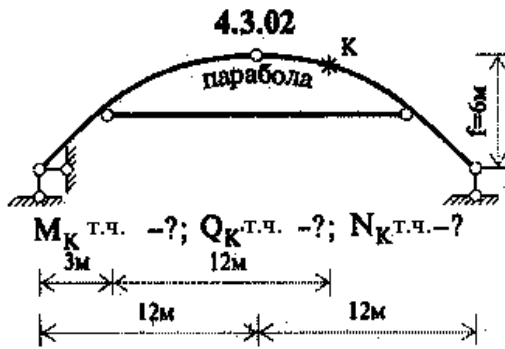
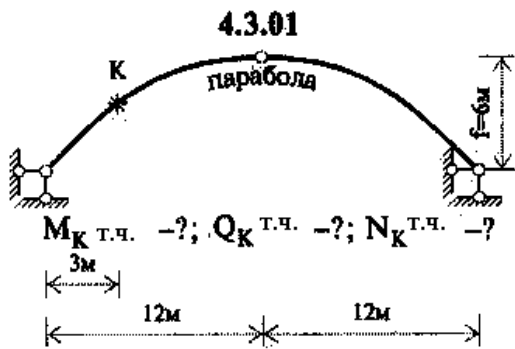
4.1.09



4.1.10



Uch sharnirli va qo'shilgan (qurama) sistemalarda zo'riqlarning ta'sir chiziqlarini qurish **4.3.01...4.3.14 - masalalar.** Arka, rama belgilangan kesimlaridagi va ferma sterjenlaridagi zo'riqlarning ta'sir chiziqlari analitik usulda qurilsin.  $F = 1$  yukining harakati uzlukli chiziq bilan belgilangan.



## 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.Butenk tahriri ostida). -Kiev: Oliy maktab, 1989. – 367 b.

### V. AMALIY MASHG'ULOT MATERIALLARI

#### 1. Inshootlar hisoblash sxemalarining kinematik analizi. – 2 soat.

##### Reja

- A) Talabalarni birinchi mavzuga oid bilimlarini faollashtirish. Muammoli savol va vaziyatlar tahlili.
- B) Muammoli savol va to'shiriqlarning javoblari to'g'risida kichik guruxlarda munozara.
- V) Kichik guruxlar sardorlarining axboroti.

#### 2. Inshootlar geometrik strukturasi analizi. – 2 soat.

##### Reja

- A) Talabalarni ikkinchi mavzuga oid bilimlarini faollashtirish. Muammoli savol va vaziyatlar tahlili.
- B) Muammoli savol va to'shiriqlarning javoblari to'g'risida kichik guruxlarda munozara.
- V) Kichik guruxlar sardorlarining axboroti.

#### 3. Oddiy balkalardagi M va Q zo'riqlishlarni analitik usulda hisoblash va epyurasini chizish. Oddiy balkalardagi M, Q va R zo'riqlishlarning ta'sir chiziqlarini statik usulda chizish. 2-soat.

##### Reja

- A) Talabalarni to'rtinchi mavzuga oid bilimlarini faollashtirish. Muammoli savol va vaziyatlar tahlili.
- B) Muammoli savol va to'shiriqlarning javoblari to'g'risida kichik guruxlarda munozara.
- V) Kichik guruxlar sardorlarining axboroti.

#### 4. Yuk tugunlar orkali uzatilganda ta'sir chiziqlarini chizish. Ta'sir chizigi yordamidazo'riqlishlarni aniqlash. 2- soat.

##### Reja

- A) Talabalarni beshinchinchi mavzuga oid bilimlarini faollashtirish. Muammoli savol va vaziyatlar tahlili.
- B) Muammoli savol va to'shiriqlarning javoblari to'g'risida kichik guruxlarda munozara.
- V) Kichik guruxlar sardorlarining rezentasiyalarini muhokama qilish.

#### 5. Ko'p oraliqli statik aniq balkalarni doimiy yuk ta'siriga hisoblash. 2- soat.

**Reja**

- A) Talabalarni etinchi mavzuga oid bilimlarini faollashtirish. Muammoli savol va vaziyatlar tahlili.
- B) Muammoli savol va to'shiriqlarning javoblari to'g'risida kichik guruxlarda munozara.
- V) Kichik guruxlar sardorlarining 'rezentasiyalarini muhokama qilish.
- G) Mashg'ulotga yakun yasash.

**6. Ko'p oraliqli statik aniq balkalardagi zo'riqishlar uchun ta'sir chiziqlarini chizish. 2-soat.**

**Reja**

- A) Talabalarni etinchi mavzuga oid bilimlarini faollashtirish. Muammoli savol va vaziyatlar tahlili.
- B) Muammoli savol va to'shiriqlarning javoblari to'g'risida kichik guruxlarda munozara.
- V) Kichik guruxlar sardorlarining 'rezentasiyalarini muhokama qilish.
- G) Mashg'ulotga yakun yasash.

**7. Oddiy fermalarni doimiy yuklar ta'siriga hisoblash. Harakatlanuvchi yuk ta'siridagi ferma sterjenlaridagi zo'riqishlarni aniqlash. 2 soat.**

**Reja**

- A) Talabalarni sakkizinchi mavzuga oid bilimlarini faollashtirish.
- B) «Fermalar» tushunchasiga oid sinkveyn tuzish.
- V) Sinkveynlr taqdimoti.
- G) Mashg'ulotga yakun yasash.

**8. Shprengelli fermalarni doimiy yuklar ta'siriga hisoblash. 2 soat.**

**Reja**

- A) Talabalarni murakkab fermalarga oid bilimlarini faollashtirish. Muammoli savollar va vaziyatlar tahlili.
- B) Kichik guruxlarda Shprengelli fermalarning turlari va ularni hisoblashga oid savol-javoblar uyushtirish.
- V) Guruxlar sardorlarining taqdimoti.
- G) Mashg'ulotlarga yakun yasash.

**9. Shprengelli fermalarni harakatlanuvchi yuk ta'siridaga hisoblash. 2 soat.**

**Reja**

- A) Talabalarni murakkab fermalarga oid bilimlarini faollashtirish. Muammoli savollar va vaziyatlar tahlili.
- B) Kichik guruxlarda Shprengelli fermalarning turlari va ularni hisoblashga oid savol-javoblar uyushtirish.
- V) Guruxlar sardorlarining taqdimoti.
- G) Mashg'ulotlarga yakun yasash.

**10. Uch sharnirli arka va ramalarni doimiy yuklar ta'siriga hisoblash. Uch sharnirli arkalarni M, Q va N epyurasini qurish. 2 soat.**

**Reja**

- A) Talabalarni o'n birinchi mavzuga oid bilimlarini faollashtirish. Muammoli savol va vaziyatlar tahlili.
- B) «Uch sharnirli sistemalar» tushunchasiga sinkveyn tuzish va ularni kichik guruxlarda muxokamasi.
- V) Dars davomida o'zaro sir saqlagan xolda ikki talaba faoliyati kuzatish.
- G) Kuzatish natijasi qaydlarini taxlil qilish. Munozara.
- D) Mashg'ulotga yakun yasash.

**11. Harakatlanuvchi yuklar ta'sirida bo'lgan uch sharnirli arka va ramalarni hisoblash. 2 soat.**

**Reja**

- A) Talabalarni birinchi mavzuga oid bilimlarini faollashtirish. Muammoli savol va vaziyatlar tahlili.
- B) Muammoli savol va to'shiriqlarning javoblari to'g'risida kichik guruxlarda munozara.

V) Kichik guruxlar sardorlarining axboroti.

**12. Balkalarda chiziqli va burchakli ko'chishlarni Mor integrali yordamida aniqlash.**

**2 soat.**

***Reja***

A) Talabalarni mavzuga oid bilimlarini faollashtirish.

B) Muammoli savol va vaziyatlar tahlili.

V) Muammoli savol va to'shiriqlarning javoblari to'g'risida kichik guruxlarda munozara.

G) Kichik guruxlar sardorlarining axboroti.

**13. Ramalardagi chiziqli va burchakli ko'chishlarni Vereshchagin usuli yordamida aniqlash. 2 soat.**

***Reja***

A) Talabalarni mavzuga oid bilimlarini faollashtirish.

B) Muammoli savol va vaziyatlar tahlili.

V) Muammoli savol va to'shiriqlarning javoblari to'g'risida kichik guruxlarda munozara.

G) Kichik guruxlar sardorlarining axboroti.

**14. Kuchlar usulining asosiy sistemasi. 2 soat**

***Reja***

A) Talabalarni mavzuga oid bilimlarini faollashtirish.

B) Muammoli savol va vaziyatlar tahlili.

V) Dars davomida o'zaro sir saqlagan xolda ikki talaba faoliyati kuzatish.

G) Kuzatish natijasi qaydlarini taxlil qilish. Munozara.

D) Mashg'ulotga yakun yasash.

**15. Birlik epyuralarni chizish. 2 soat**

***Reja***

A) Talabalarni mavzuga oid bilimlarini faollashtirish.

B) Muammoli savol va vaziyatlar tahlili.

V) Dars davomida o'zaro sir saqlagan xolda ikki talaba faoliyati kuzatish.

G) Kuzatish natijasi qaydlarini taxlil qilish. Munozara.

D) Mashg'ulotga yakun yasash.

**16. Natijaviy eguvchi moment M epyurasini chizish. 2 soat**

***Reja***

A) Talabalarni mavzuga oid bilimlarini faollashtirish.

B) Muammoli savol va vaziyatlar tahlili.

V) Muammoli savol va to'shiriqlarning javoblari to'g'risida kichik guruxlarda munozara.

G) Kichik guruxlar sardorlarining axboroti.

D) Mashg'ulotga yakun yasash.

**17. Natijaviy N va Q epyurasini chizish. 2 soat**

***Reja***

A) Talabalarni mavzuga oid bilimlarini faollashtirish.

B) Muammoli savol va vaziyatlar tahlili.

V) Muammoli savol va to'shiriqlarning javoblari to'g'risida kichik guruxlarda munozara.

G) Kichik guruxlar sardorlarining axboroti.

D) Mashg'ulotga yakun yasash.

**18. Ramalarni xisoblashning deformatsion tekshirish 2 soat**

***Reja***

A) Talabalarni mavzuga oid bilimlarini faollashtirish.

B) Muammoli savol va vaziyatlar tahlili.

V) Dars davomida o'zaro sir saqlagan xolda ikki talaba faoliyati kuzatish.

G) Kuzatish natijasi qaydlarini taxlil qilish. Munozara.

D) Mashg'ulotga yakun yasash.

***HISOB-GRAFIK ISHLARI***

**Hisob-chizma ishlarining namunaviy mavzulari**

1. Ko'p oraliqli statik aniq balkalarni hisoblash.

2. Statik aniq fermanni hisoblash.
3. Uch sharnirli statik aniq sistemalarni hisoblash.
4. Statik noaniq ramani kuchlar usulida hisoblash.
5. Statik noaniq tekis ramani ko'chishlar usulida hisoblash.
6. Uzliksiz balkalarni hisoblash.

### **6- semestr**

Kichik guruxlar tarkibida interfaol usullardan foydalanib olib boriladi.

#### **1. Uzliksiz balkalarni doimiy yuklar ta'siriga hisoblash. 2 soat.**

*Reja*

- A) Talabalarni mavzuga oid bilimlarini faollashtirish.
- B) Muammoli savol va vaziyatlar tahlili.
- V) Dars davomida o'zaro sir saqlagan xolda ikki talaba faoliyati kuzatish.
- G) Kuzatish natijasi qaydlarini taxlil qilish. Munozara.
- D) Mashg'ulotga yakun yasash.

#### **2. Uzliksiz balkalarni moment fokuslari usuli bilan hisoblash. 2 soat.**

*Reja*

- A) Talabalarni mavzuga oid bilimlarini faollashtirish.
- B) Muammoli savol va vaziyatlar tahlili.
- V) Muammoli savol va to'shiriqlarning javoblari to'g'risida kichik guruxlarda munozara.
- G) Mashg'ulotga yakun yasash.

#### **1. Statik aniqmas arkalarni hisoblash. 2 soat**

*Reja*

- A) Talabalarni mavzuga oid bilimlarini faollashtirish.
- B) Muammoli savol va vaziyatlar tahlili.
- V) Dars davomida o'zaro sir saqlagan xolda ikki talaba faoliyati kuzatish.
- G) Kuzatish natijasi qaydlarini taxlil qilish. Munozara.
- D) Mashg'ulotga yakun yasash.

#### **2. Statik aniqmas fermalar hisobi. 2 soat**

*Reja*

- A) Talabalarni mavzuga oid bilimlarini faollashtirish.
- B) Muammoli savol va vaziyatlar tahlili.
- V) Dars davomida o'zaro sir saqlagan xolda ikki talaba faoliyati kuzatish.
- G) Kuzatish natijasi qaydlarini taxlil qilish. Munozara.
- D) Mashg'ulotga yakun yasash.

#### **6. Ramalarni ko'chish usulida hisoblash. Ko'chish usulining asosiy sistemasi. 2 soat**

*Reja*

- A) Talabalarni mavzuga oid bilimlarini faollashtirish.
- B) Muammoli savol va vaziyatlar tahlili.
- V) Muammoli savol va to'shiriqlarning javoblari to'g'risida kichik guruxlarda munozara.
- G) Mashg'ulotga yakun yasash.

#### **7. Birlik epyuralarni chizish. Kanonik tenglama koeffisientlari va ozod xadlarini aniqlash. 2 soat.**

*Reja*

- A) Talabalarni mavzuga oid bilimlarini faollashtirish.
- B) Muammoli savol va vaziyatlar tahlili.
- V) Muammoli savol va to'shiriqlarning javoblari to'g'risida kichik guruxlarda munozara.
- G) Mashg'ulotga yakun yasash.

#### **8. Umumiy eguvchi moment epyurasini chizish. Ko'ndalang va bo'ylama kuch epyuralarini chizish. 2 soat.**

*Reja*

- A) Talabalarni mavzuga oid bilimlarini faollashtirish.
- B) Muammoli savol va vaziyatlar tahlili.
- V) Dars davomida o'zaro sir saqlagan xolda ikki talaba faoliyati kuzatish.

- G) Kuzatish natijasi qaydlarini taxlil qilish. Munozara.
- D) Mashg'ulotga yakun yasash.

**9. Ko'ndalang va bo'ylama kuch epyuralarini chizish. 2 soat.**

*Reja*

- A) Talabalarni mavzuga oid bilimlarini faollashtirish.
- B) Muammoli savol va vaziyatlar tahlili.
- V) Dars davomida o'zaro sir saqlagan xolda ikki talaba faoliyati kuzatish.
- G) Kuzatish natijasi qaydlarini taxlil qilish. Munozara.
- D) Mashg'ulotga yakun yasash.

**Foydanlanilgan adabiyotlar ro'yhati**  
**Asosiy adabiyotlar:**

1. Alberto Carpinteri. Structural Mechanics Fundamentals. CRC Press Taylot & Fransic Group. 2014.
2. To'rayev X.SH. Ismatov M.X, Yo'ldashev F.X., Javliyev B.K. "Qurilish mexanikasi". - Toshkent Moliya. 2002 y. -459 b
3. Abdurashidov K. S., Xabilov B.A., Tuychiyev N. J., Rahimboyev A. G', "Qurilish mexanikasi". T O'zbekiston, 1999 y. 384 b
4. Xabilov B.A., Nazarova M. K., Umarov Z.S. "Qurilish mexanikasidan misol va masalalar". T.: TAQI -2014.
5. Дарков А.В., Шапошников Н.Н., Строительная механика. М.: Высшая школа, 1986-. -607 с.

**Qo'shimcha adabiyotlar**

1. Mirziyoyev Sh.M. Buyuk kelajagimizni mard va olijanob xalqimiz bilan birga quramiz. T., "O'zbekiston", 2016y. 486 bet.
2. Odilxo'jayev E.A, G'ulomov T.G, Abdukomilov T. K. "Qurilish mexanikasi". T., O'qituvchi, 1985.-270 b.
3. Odilxo'jayev E.A, G'ulomov T.G, Abdukomilov T. K. "Qurilish mexanikasidan misol va masalalar". T., O'qituvchi, 1974.-440 b.
4. Смирнов А.Ф., Александров А.В., Лещеников Б.Я., Шапошников Н.Н. Строительная механика. Стержневые системы.- М.: Стройиздат, 1981.-512 с.
5. Клейн Г. К. и др. Руководство к практическим занятиям по курсу строительной механики (статика стержневых систем). –М.: Высшая школа, 1980.-384 с.

**Internet saytlar:**

2. [WWW.uzsci.net](http://WWW.uzsci.net)
3. [WWW.ziyonet.uz](http://WWW.ziyonet.uz)
4. [WWW.mysopromat.uz](http://WWW.mysopromat.uz)







