

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS
TA'LIM VAZIRLIGI

TOSHKENT AVTOMOBIL VA YO‘LLAR INSTITUTI

«YO‘L QURILISHI» FAKULTETI

«KO‘PRIKLAR VA TRANSPORT TONNELLARI» KAFEDRASI

«Qurilish mexanikasi» fanidan amaliy darslar uchun uslubiy qo‘llanma

5340600 «Transport inshootlari ekspluatatsiyasi»,
5340800 «Avtomombil yo‘llari va aerodromlar»

TOSHKENT – 2012

Ushbu uslubiy qo‘llanma inshootlarning hisoblash sxemalarini tanlash ularni kinematik tahlil qilish. Tekis sterjenli sistemalarning erkinlik darajasi sonini aniqlash va ularning geometrik tarkibini tahlil qilish. Oniy o‘zgaruvchan sistemalarni tekshirish. Inshootlarni yuklar ta'siriga hisoblash va epyuralar qurish sxemalar va chizmalar, formulalar yordamida tushuntirilgan.

Muallif: kat. o‘qit. Z.Sh.Xodjaeva
Taqrizchilar: TAYI «Qurilish mexanikasi va inshootlar
zilzilabardoshligi» kafedrası professori
Q.S. Abdurashidov
«K va TT» kafedrası kata o‘qituvchisi
Sh.Sh.Shojalilov

Mazkur uslubiy qo‘llanma «K va TT» kafedrası yig‘ilishida ko‘rib chiqilda va tasdiqlandi. Bayonnoma №_____, _____2012y

«K va TT» kafedrası mudiri t.f.n., dots. M.X. Miralimov

«Yo‘l qurilishi» fakulteti ilmiy uslubiy kengashda ko‘rib chiqildi va tasdiqlandi. Bayonnoma №_____, _____2012y

Kengash raisi, t.f.n., dots. B.Salimova

1. Kirish. “Qurilish mexanikasi” fanini mazmun va mohiyati va boshqa fanlar bilan bog‘liqligi. Inshootlarni hisoblash sxemasi. Bog‘lamalar turi va ularning tashqi yuk ta'siri. 2 va 3 disk-larni ulash qoidalari.....
2. Qo‘zg‘almas yuk ta'siridagi tekislik sistemalarni hisoblash asosiy usullari.....
3. Zo‘riqlashlar qiymatini ta'sir chiziqlar yordamida aniqlash. Ta'sir chiziqlarini qurishning kinematik usuli.....
4. Ko‘p oraliqli statik aniq balkalar. Umumiy ma'lumot. Ko‘p oraliqli statik aniq balkalarning qo‘zg‘almas yukka hisoblash.....
5. Statik aniq fermalar. Fermalar to‘g‘risida tushuncha va ularning turlari. Fermalarni analitik usulda hisoblash. Ferma sterjenlaridagi zo‘riqlashlarning ta'sir chiziqlari-larin qurish. Shprengelli fermalar...
6. Uch sharnirli arkalarining maqbul o‘qi. Uch sharnirli arkalarni qo‘zg‘aluvchan yuk ta'siriga hisoblash.....
7. Ko‘chishlar nazariyasi. Ko‘chishlar haqida tushuncha.....
8. Statik aniqmas sistemalar haqida tushuncha. Statik aniqmas sistemalarni hisoblash nazariyasi. Kuchlar metodining kanonik tenglamalari..
9. Kanonik tenglama koeffitsientlari va ozod xadlarini aniqlash. Statik noanik ramalarning M,Q,N epyuralarini kurish.....
10. Kuchlar usulini statik noanik balkalarni xisoblash. Uzlüksiz balkalarni moment fokuslari usulida xisoblash.....
11. Statik aniqmas arkalarni kuchlar metodi bilan hisoblash nazariyasi..
12. Statik aniqmas ramalarni ko‘chishlar metodi bilan hisoblash.....
13. Statik aniqmas rama uchun ko‘chishlar metodining kanonik tenglamalari.....
14. Ramalarni aralash metod bilan hisoblash.....
15. Ramalarni kombinatsiyalash metod bilan hisoblash.....
16. Sistemaning erkin tebranishi.....
17. Tebranishlar nazariyasining texnikaga tadbiqi.....

KIRISH

Ushbu uslubiy qo'llanma 5340600 «Transport inshootlari ekspluatatsiyasi», 5340800 «Avtomombil yo'llari va aerodromlar» talaba-bakalavr ta'lim yo'nalishlari “Qurilish mexanikasi” fanidan amaliy darslar uchun mo'ljallangan o'lib, ushbu fandan olingan bilim va ko'nikmalarini mustaxkamlash uchun mo'ljallangan.

Uslubiy qo'llanma inshootlarning hisoblash sxemalarini tanlash, ularni kinematik tahlil qilish, tekis sterjenli sistemalarning erkinlik darajasi sonini aniqlash va ularning geometrik tarkibini tahlil qilish, oniy o'zgaruvchan sistemalarni tekshirish misollar yordamida tushuntirilgan. Inshootlarni yuklar ta'siriga hisoblash va epyuralar qurish sxemalar va chizmalar, formulalar yordamida keltirilgan.

Ichki zo'riqlari va tayanch reaksiyalari, statikaning muvozanat tenglamalari, sistemaning geometrik o'zgarmas shartlari, ularni yechish usullari ko'rsatilgan.

Statik aniq sistemalarni tekshirish, uning geometrik o'zgarmasligi va ortiqcha bog'lanishlarga ega emasligini aniqlash xisob ishining birinchi shartlaridan biri hisoblanadi. Statik noaniq sistemalar, geometrik o'zgarmas shartini bajarish uchun yetarli miqdordagi eng kam bog'lanishlarga, yoki keragidan ortiq bog'lanishlarga (ortiqcha bog'lanishlarga) ega bo'ladi.

Uslubiy qo'llanma talabalarga statik aniq va statik noaniq sistemalar hisobi, me'yoriy xujjatlar jadvallar bilan ishlash ko'nikmalarini hosil qilish lozim. Ushbu uslubiy qo'llanmada o'quv dasturga mos “Qurilish mexanikasi” fanidan olgan bilmilarni misollar yordamida chuqurlashtirildi.

1. "Qurilish mexanikasi" fanini mazmun va mohiyati. Inshootlarni hisoblash sxemalari. Bog'lama turlari. Disklarni ulash qoidalari. Inshootlar hisoblash sxemalarining kinematik tahlili.

1.1. Tekis sterjenli sistemalarning erkinlik darajasi sonini aniqlash va ularning geometrik tarkibini tahlili. Oniy o'zgaruvchanligini tekshirish.

Inshootlar elementlarida tashqi yuklar ta'siridan xosil bo'ladigan, zo'riqishlar, M, Q, N epyuralar qurish, tayanch reaksiyalarini aniqlash uning hisoblash sxemasini tanlashdan boshlanadi. Sistema yoki uning alohida qismlari yuk ta'sirida qo'zg'almasligi va geometrik o'zgarmasligi, oniy o'zgarmasligi (o'zgaruvchanligi) ni tekshirish, erkinlik darajalari sonini aniqlash masalasini hal qilish *kinematik tahlil* deyiladi.

Hisoblash sxemasini deb, haqiqiy inshootlarni soddalashtirilgan tasviri tushuniladi. U inshootlarni yuk ostidagi holatini aniqlovchi asosiy xususiyatlarini ifodalaydi, ikkinchi darajali omillarni hisobga olmaydi.

Yassi sterjenli sistemalarning *erkinlik darajasi* deb, uning yerga nisbatan tekislikda olgan holatini aniqlovchi bir-biriga bog'liq bo'lmagan geometrik parametrlar soniga aytiladi.

Asosiy ta'riflar

Agar sistemaning shakli, faqat uni tashkil etuvchi elementlarning deformatsiyasi tufayli o'zgarsa, *geometrik o'zgarmas* sistema deyiladi.

Agar sistema o'z shaklini uni tashkil etuvchi elementlarning deformatsiyalarisiz o'zgartirsa, *geometrik o'zgaruvchan* sistema deyiladi.

Agar sistema elementlarining deformatsiyalarisiz, uning nuqtalari cheksiz kichik ko'chishlarga erishsa, *oniy o'zgaruvchan* sistema deyiladi. Ko'chishlar to'xtaganidan so'ng u o'zgarmas sistemaga aylanadi.

O'zlarining shakli va o'lchamlarini o'zgartirmaydigan mutlaq bikir element yoki elementlar sistemasi *disk* deyiladi. Disk tekislikda uch erkinlik darajasiga ega bo'ladi.

Cheksiz uzunlikka ega bo'lgan disk yer deyiladi. Jism yoki sistemalarning bir erkinlik darajasini chegaralovchi qurilma *kinematik bog'lanish* deyiladi.

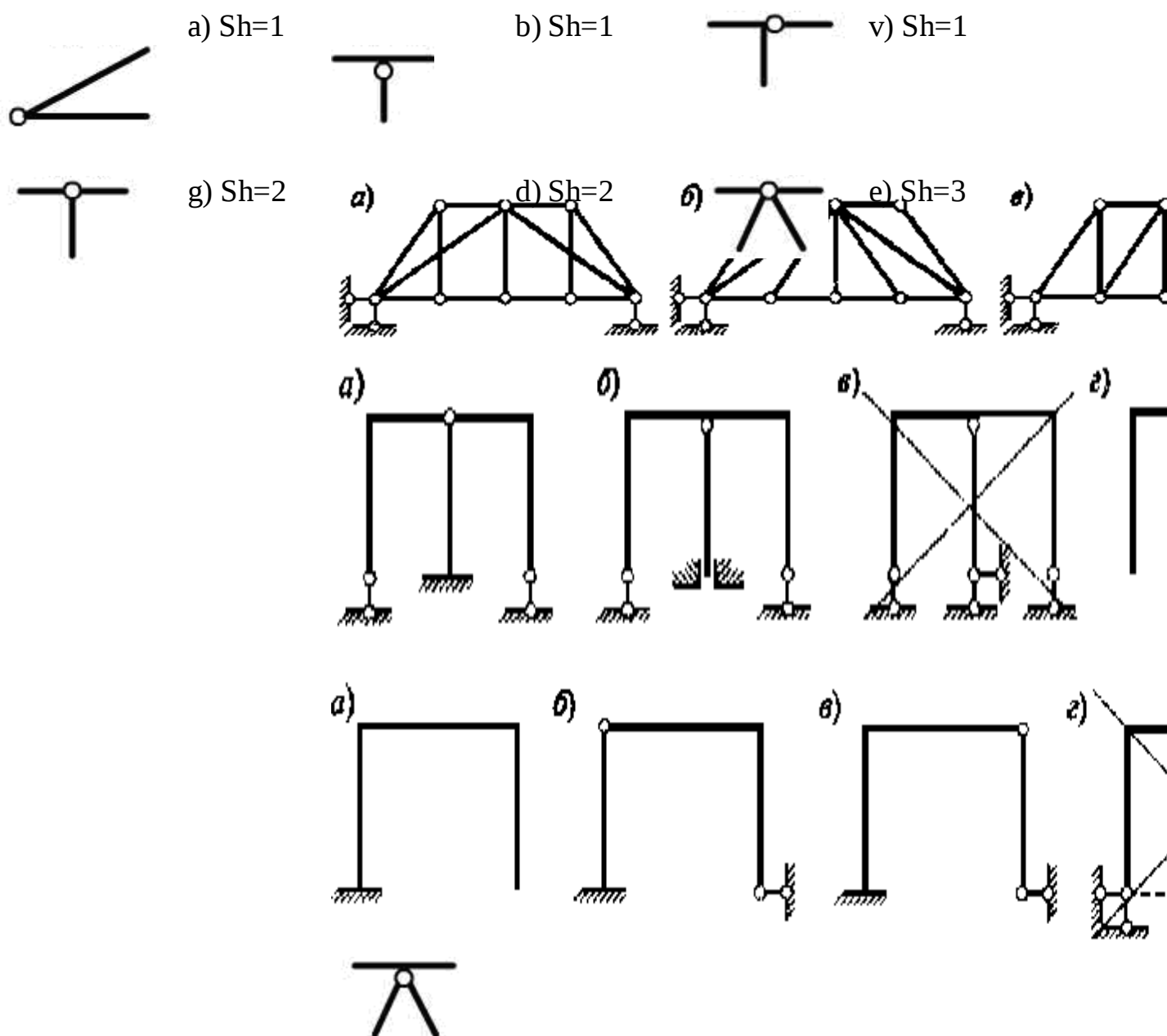
Bog'lanishlar sifatida sharnirlar, tayanch sterjenlari qo'llaniladi.

Ikki diskni birlashtiruvchi va ikki kinematik bog'lanishga teng kuchli bo'lgan qurilma, *silindrik oddiy sharnir* deyiladi (1.1.1, a, b, v -rasm).

Uch va undan ko'p disklar *karrali (murakkab) sharnirga* birlashadi va

$$Sh = n - 1$$

formula orqali aniqlanadi, oddiy sharnirga teng kuchli bo‘ladi, bu yerda n - birlashtiruvchi disklar soni (1.1.1, g,d,ye-rasm).



1.1.1- rasm

Masalan, 1.1.1, g...d- rasmlarda ko‘rsatilgan holatlarda sharnir uchta disk (sterjenlar)ni birlashtiradi va uning qiymati $Sh=n-1=3-1=2$ ga teng, 1.1.1, e rasmda keltirilgan holat uchun esa, $Sh=n-1=4-1=3$, bu yerda Sh - oddiy (keltirilgan) sharnirlar soni, n -disklar soni.

1.1.1, a,g,e -rasmlarda ko‘rsatilgan sharnirlar *to‘liq*, 1.1.1, b,v,d rasmlarda ko‘rsatilgan sharnirlar esa *to‘liq bo‘lmagan* sharnirlar deyiladi.

Sharnirli-sterjenli sistemalar (fermalar) *tugun* deb, ikki erkinlik darajasiga ega bo‘lgan nuqtani tushunamiz.

Sistemalar erkinlik darajasi W va tayanch sterjenlariga ega bo‘lmagan sistemalarning o‘zgaruvchanlik darajasi V quyidagi formulalardan aniqlanadi:

$$W = 3D - 2III - C_T; \quad (1.1)$$

$$V = 3D - 2III - 3; \quad (1.2)$$

$$W = 3D - 2III - C_T - 3K \quad (1.3)$$

$$V = 3D - 2III - 3 - 3K \quad (1.4)$$

$$W = 2V - C - C_T; \quad (1.5)$$

$$V = 2V - C - 3; \quad (1.6)$$

bu yerda D – disklar soni; Sh – oddiy (keltirilgan) sharnirlar soni; S_t – tayanch sterjenlari soni; U – ferma tugunlari soni; S - ferma sterjenlari soni; K – sharnirsiz yopiq konturlar soni.

(1.1) va (1.2) formulalar sharnirsiz yopiq konturlari bo‘lmagan barcha inshoot sxemalari uchun, (1.3) va (1.4) formulalar o‘zida sharnirsiz yopiq konturlari ham ishtirok etgan hohlagan hisoblash sxemalariga, (1.5), (1.6) - esa fermalarga mo‘ljallangan.

Yuqorida keltirilgan formulalar bo‘yicha olingan W ning hisoblash natijalariga ko‘ra, uchta hol bo‘lishi mumkin:

1. $W > 0$; ($V > 0$) – sistema geometrik o‘zgaruvchi, chunki yetarli bog‘lanishlarga ega emas, umuman aytganda bunday shakl qurilish tuzilmalari sifatida qo‘llanilishi mumkin emas.

2. $W = 0$; ($V = 0$) – sistema eng kam zarur bog‘lanishlar soniga ega, ularni to‘g‘ri joylashtirish orqali geometrik o‘zgarmas va statik aniq sistema hosil qilinadi.

3. $W < 0$; ($V < 0$) – sistema ortiqcha bog‘lanishlarga ega, ularni to‘g‘ri joylashtirish orqali geometrik o‘zgarmas va statik noaniq sistema hosil qilinadi.

$W = 1$ bo‘lgan sistema *m y e x a n i z m* deyiladi.

$W \leq 0$ shart, sistemaning geometrik o‘zgarmasligining zaruriy belgisi hisoblanadi, lekin qaralayotgan hisob sxemasining o‘zgarmasligi masalasida savolga yetarli javob bermaydi. Shuning uchun, geometrik tuzilishini qo‘shimcha tahlil qilib, to‘g‘rimi (yoki noto‘g‘ri) va diskarni o‘zaro qanday ketma-ketlikda, yer bilan qanday bog‘langanligini aniqlash kerak.

Geometrik o‘zgarmas sistemalarni tuzishning asosiy qoidalari

1. Diskka (1.1.2, *a*- rasm) ikki sterjen yordamida bitta tugun birlashtirilishi mumkin, bunda sterjenlar o‘qlari bir to‘g‘ri chiziqda yotmasligi lozim.

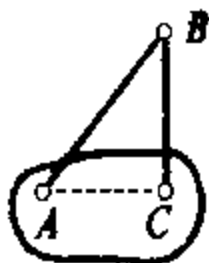
2. Ikki disk o‘zaro bitta sterjen va oddiy sharnir bilan birlashtirilishi mumkin, bunda sterjen o‘qi sharnir markazidan o‘tmasligi kerak (1.1.2, *b*- rasm). Agar sterjen o‘qi sharnir markazidan o‘tsa, sistema oniy o‘zgaruvchi bo‘ladi (1.1.2, *v*- rasm).

3. Ikki disk o‘zaro uchta sterjen bilan birlashtirilishi mumkin, ularning o‘qlari bir nuqtada kesishmasligi va parallel joylashmasligi kerak (1.1.2, *g*- rasm). Aks holda yangi tuzilgan sistema oniy o‘zgaruvchi bo‘ladi (1.1.2, *d, e*- rasm). Agar ikki sterjen kesishgan nuqtalarini soxta (fiktiv) sharnir bilan almashtirilsa, yana ikkinchi qoidaga keltiriladi (1.1.2, *j*- rasm).

4. Uchta disk, uchta bir to‘g‘ri chiziqda yotmagan oddiy sharnirlar bilan birlashtirilsa, geometrik o‘zgarmas sistema hosil bo‘ladi (1.1.2. 3 - rasm). Agar

sharnirlar (haqiqiy va soxta) bir to'g'ri chiziqli yotsa, olingan sistema oniy o'zgaruvchi bo'ladi (1.1.2, *i* - rasm).

a)



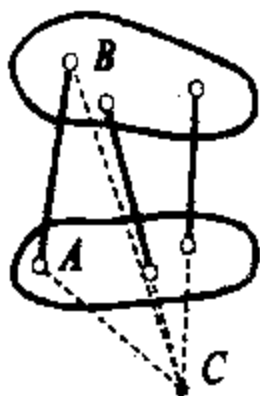
b)



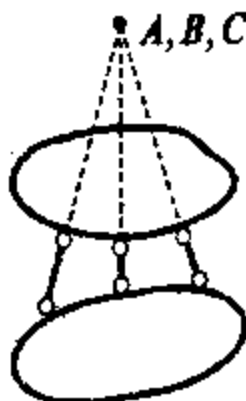
v)



g)



d)



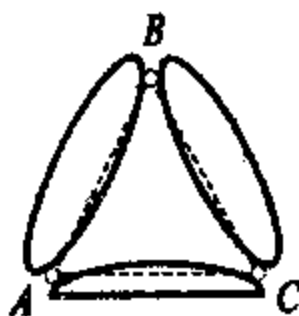
e)



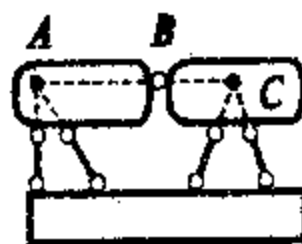
g)



z)



u)



1.1.2- rasm. Geometrik o'zgarmas sistemalar.

Geometrik o'zgarmas sistemalarni yaratishning yuqorida keltirilgan qoidalari, haqiqiy yoki soxta sharnirli uchburchak - oddiy geometrik o'zgarmas shakllarni hosil qilish nuqtai nazariga asoslangan (1.1.2, *a,b,g,j,z*- rasmga qarang). Agar sharnirli uchburchak sharnirlari bir to'g'ri chiziqli yotsa yoki nuqtada uchrashsa, sistema oniy o'zgaruvchan bo'ladi (1.1.2, *d,e*- rasm). Sistemalarning oniy o'zgaruvchanligini ko'rsatish uchun yuqorida keltirilgan belgilardan

tashqari *statik* va *kinematik usullar* qo'llaniladi.

Statik usulning mohiyati quyidagilardan iborat bo'ladi. Agar sistemani biror yukka hisoblashda uning alohida elementlarida cheksiz katta (∞), noaniqlik ($\frac{0}{0}$) yoki qarama-qarshi zo'riqish qiymatlari olinsa, bunday sistema oniy o'zgaruvchi bo'ladi. Agarda elementlar zo'riqishi chekli va bitta qiymatga ega bo'lsa, u holda sistema geometrik o'zgarmas bo'ladi.

Statik usulning eng oddiysi nolli yuklanish hisoblanadi. Bu holda sistema tayanch reaksiyalari va elementlaridagi zo'riqishlar ham nolga teng bo'lishi kerak. Aks holda, sistema oniy o'zgaruvchi bo'ladi.

Ikki yoki uch diskdan tuzilgan sistemalarga kinematik usulni qo'llash maqsadga muvofiqdir. Amalda har qanday sistemani ikki yoki uch diskdan tuzilgan sistemalarga keltirish mumkin.

Sistema oniy o'zgaruvchan bo'ladi, agar:

1. Uchlari sharnirli uchta sterjen bilan tutashtirilgan ikki diskdan tuzilgan sistema oniy aylanish markaziga ega bo'lsa.

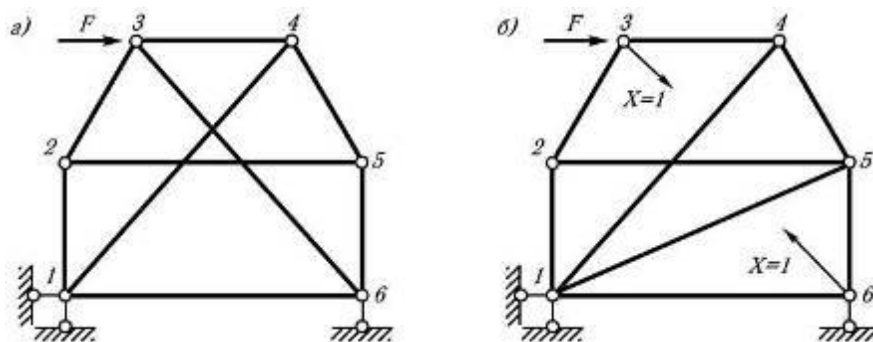
2. Bir-birlari bilan sharnirli bog'langan uchta diskli sistema oniy aylanish markazlari bir to'g'ri chiziqda joylashgan bo'lsa.

O'zaro sharnir bilan biriktirilgan ikki diskning o'zaro aylanuvchi oniy markazi sharnir bilan mos tushsa, ikki va undan ortiq sterjenlar bilan biriktirilganda, oniy markaz sterjenlarning kesishgan nuqtalarida bo'ladi (soxta sharnir). Shu nuqtalarga nisbatan bir diskning ikkinchi diskka qaraganda cheksiz kichik burchakka burilishi bo'lishi mumkin.

Oniy o'zgaruvchi sistemalarni qurilish inshootlari sifatida qo'llashga ruhsat etilmaydi. Oniy o'zgaruvchanlikka yaqin tuzilmalarni ham qo'llash maqsadga muvofiq emas, chunki bularda tashqi ta'sirlar natijasida o'ta katta zo'riqish va ko'chishlar hosil bo'ladi.

Murakkab sharnirli-sterjenli sistemalarni hisoblash yoki oniy o'zgaruvchanlikka tekshirish uchun, kuchlar ta'sirining mustaqilligi prinsipini qo'llashga *asoslangan sterjenlarni almashtirish* usulidan foydalanish mumkin. Uning mazmunini misollarda tushuntiramiz.

Aytaylik, 1.1.3, a-rasmda ko'rsatilgan ferma elementlarining zo'riqishlarini aniqlash talab qilinsin. Har bir tugunda birikuvchi sterjenlar soni 3 ga teng, shuning uchun fermanni hisoblashda biror-bir oddiy usulni tanlash qiyinchilik tug'diradi. Bunda quyidagicha ish tutamiz: 3-6 sterjenni 1-5 sterjen bilan almashtirish orqali berilgan fermanni (o'zgartiriluvchi) unga o'xshash bo'lgan ancha soddaroq fermaga (o'zgartirilgan) aylantiramiz (1.1.3, b-rasm). 1-5-yangi sterjen, almashtirilgan sterjen, tashlab yuboriladigan 3-6 sterjen esa, almashtiriluvchi sterjen deyiladi.



1.1.3-rasm

O'zgartirilgan ferma geometrik o'zgarmas va hisoblash uchun oddiy bo'lishi kerak. Tashqi berilgan yuk ta'siridan murakkab fermaning almashtiriluvchi 3–6 sterjenida hosil bo'ladigan zo'riqishni X orqali belgilaymiz. Uning qiymati noma'lumligi sababli, hozircha uni birga teng ($X=1$) deb qabul qilamiz. O'zgartirilgan fermani 3 va 6 tugunlarga qo'yilgan birlik yuk va berilgan tashqi yuklar ta'siriga hisoblab, 1-5 sterjendagi yakuniy zo'riqish N_{1-5} qiymatini topamiz:

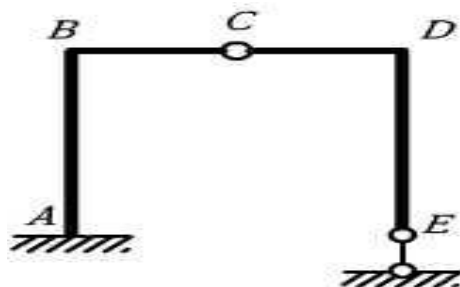
$$N_{1-5} = \bar{N}_{1-5} \cdot X + N_{(1-5)p} , \quad (1.7)$$

bu yerda $\bar{N}_{1-5}$ –almashtirilgan 1–5 sterjenning $X = 1$ birlik kuchi ta'siridan zo'riqishi; $N_{(1-5)p}$ –almashtirilgan 1–5 sterjenning berilgan tashqi yuk ta'siridan zo'riqishi.

O'zgartirilgan ferma, o'zgartiriluvchi fermaga teng (ekvivalent) bo'lishi uchun $N_{1-5} = 0$ sharti bajarilishi zarur, chunki berilgan sistemada almashtirilgan 1–5 sterjen yo'q.

$$\bar{N}_{1-5} X + N_{(1-5)p} = 0, \text{ bundan } X = -N_{(1-5)p} / \bar{N}_{1-5} . \quad (1.8)$$

X ning qiymatini topib, barcha sterjenlardagi zo'riqishlarni tugun kesish usulini qo'llab osonlikcha topish mumkin va hoxlagan i sterjen uchun:



1.1.4 – rasm.

$$N_i = \bar{N}_i \cdot X + N_{ip} . \quad (1.9)$$

Qaralgan usulni fermaning ko'plab almashtiriluvchi sterjenlariga qo'llash mumkin. Chunki almashtirilgan ferma geometrik o'zgarmas, berilgan fermaning barcha sterjenlaridagi zo'riqishlar to'laligicha aniq va tugallangan zo'riqishlarga

ega bo'lad, bular esa geometrik o'zgaras sistemalarning statik belgisi hisoblanadi. Agar $\bar{N}_{1-5}=0$ bo'lib chiqsa, u holda $X = \pm\infty$, yoki $X = \frac{0}{0}$ va sistema oniy o'zgaruvchi bo'ladi.

1.1- misol. 1.1.4- rasmda ko'rsatilgan sistemani kinematik tahlil qilinsin.

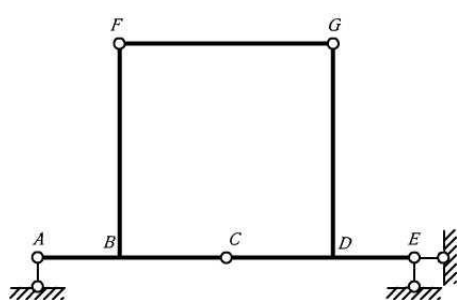
Dastlab (1.1) formulasi yordamida sistemaning erkinlik darajasini aniqlaymiz. Barcha sharnir va tayanch sterjenlarini tashlab yuboramiz. Sistema ikki diskdan, ya'ni $D = 2$, S nuqtasidagi bitta sharnir va to'rtta tayanch sterjenlaridan (bikr tayanch uchta tayanch sterjenlaridan iborat) $S_t=4$ dan iboratligini aniqlaymiz.

$$W = 3D - 2III - C_T = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 1 - 4 = 0$$

Shunday qilib, sistema o'zgaras va statik statik aniq bo'lishi uchun eng kam zarur miqdordagi bog'lanishlarga ega.

Sistemalar geometrik strukturasining 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'zgaras sistema tuzish qoidasiga mos holda tuzilgan. U statik aniq, geometrik va oniy o'zgaras.

1.2- misol. rasmda ko'rsatilgan sistemani kinematik tahlil qilinsin.



Sistemaning erkinlik darajasini hisoblaymiz. Barcha sharnir va tayanch sterjenlarini tashlab yuborib, topamiz:

$$D = 3, \quad Sh = 3, \quad S_t = 3.$$

U holda

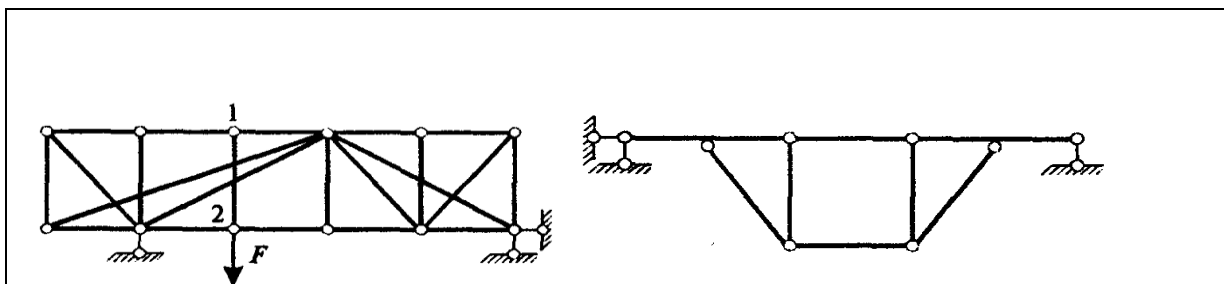
$$W = 3D - 2III - C_T = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 3 - 3 = 0$$

Sistema o'zgaras va statik aniq bo'lishi uchun eng kam zaruriy bog'lanishlar soniga ega. Uning o'zgarasligiga ishonish uchun, geometrik strukturasining tahlilini bajarish kerak. Uchta $G'ABC$, GSD va $G'G$ diskleri o'zaro bir to'g'ri chiziqli yotmagan $SG'G$ sharnirlari bilan bog'lanib, tuzilishni tashkil qilish qoidasi asosida yangi diskni tuzadi. Ushbu disk yerga bir nuqtada kesishmagan uchta tayanch sterjenlari yordamida biriktirilgan. Shunday qilib, sistema geometrik va oniy o'zgaras, statik aniq.

1.3- misol. 1.1.6- 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, ya'ni mexanizm bo'lib hisoblanadi va

qurilish tuzilmasi sifatida qo‘llash mumkin emas.



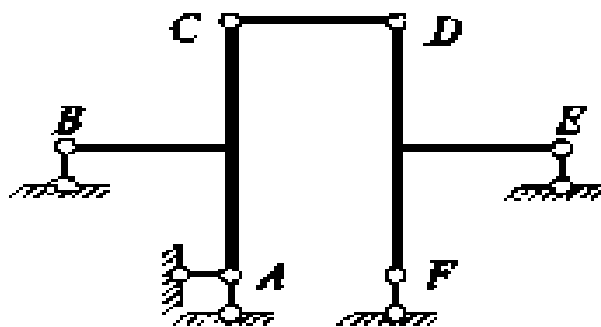
1.1.6-rasm.

1.1.7-rasm.

1.4- misol. 1.1.7- 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 -pastki tugunni kesib va muvozanat tenglamasi $\sum U = 0$ ni tuzib: $N_{1-2} = G'$ ni olamiz, yuqorigi 1-tugunni kesilishidan esa $-N_{1-2}=0$. Sterjen uchun topilgan zo‘riqishlar N_{1-2} qarama-qarshi hisoblanadi. Berilgan sistema statik belgilariga ko‘ra oniy o‘zgaruvchi bo‘ladi.

1.5- misol. 1.1.8- rasmda ko‘rsatilgan sistemaning kinematik tahlili bajarilsin.



$D=3$, $Sh=2$, $S_t=5$. U holda

$$W = 3D - 2III - C_T =$$

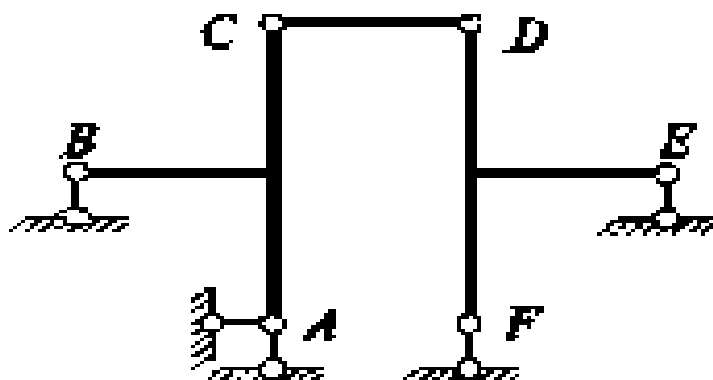
$$3 \cdot 3 - 2 \cdot 2 - 5 = 0.$$

Strukturaviy tahlil qilamiz. AVS disk yerga, bir nuqtada kesishmaydigan uchta sterjen bilan

1.1.8-rasm biriktirilgan. Olingan yangi diskka (yer+AVS diski) DFE diski SD sterjeni va ikkita tayanch sterjenlari, ya'ni yana bir nuqtada kesishmaydigan uchta sterjenlar yordamida biriktiriladi.

Xulosa: sistema geometrik va oniy o‘zgarmas, statik aniq ekan.

1.6- misol. 1.1.9- rasmda ko‘rsatilgan sistemaning kinematik tahlili bajarilsin.



Disklar soni $D = 3$, tayanch sterjenlari $S_t = 5$. S silindrik sharniri karrali, chunki u uchta diskni birlashtiradi. Oddiy

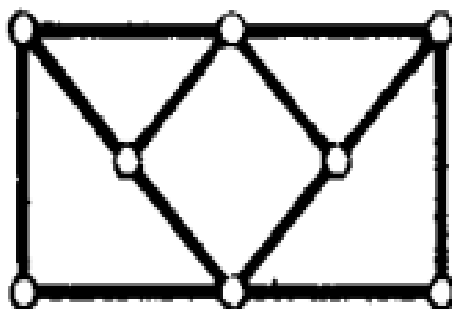
(keltirilgan) sharnirlar soni formulasiga ko'ra $III = n - 1 = 3 - 1 = 2$ U holda

1.1.9-rasm

$$W = 3D - 2III - C_T = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 2 - 5 = 0$$

Bir nuqtada kesishmaydigan uchta sterjen bilan yerga biriktirilgan AVSD diski, yangi qo'zg'almas diskni tashkil qiladi. Bu diskka, S sharniri va sharnir markazi orqali o'tmagan tayanch sterjeni yordamida, Se diski birlashtiriladi. Shunday qilib olingan sistema ham qo'zg'olmas disk hisoblanadi. Oxirgi diskka S sharniri va sharnir markazi orqali o'tuvchi tayanch sterjeni yordamida SG' diski birlashtiriladi, bu tuzilishni tashkil qilish qoidasiga ko'ra, oniy o'zgaruvchanlikka olib keladi.

1.7- misol. 1.1.10- rasmda ko'rsatilgan sistema tekshirilsin.

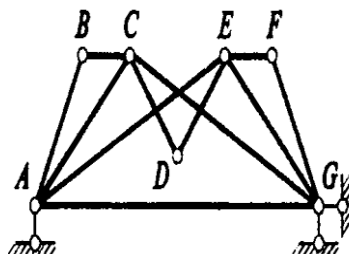


1.1.10- rasm

Sistema tayanch sterjenlariga ega bo'lmaganligi sababli, uning ichki o'zgaruvchanligini (1.6) formulasi bo'yicha aniqlaymiz:

$V = 2Y - C - 3 = 2 \cdot 8 - 12 - 3 = 1$ Sistema bir erkinlik darajasiga ega va qurilish tuzilmasi sifatida qo'llanishga yaroqsiz.

1.8- misol. 1.1.11- rasmda ko'rsatilgan sistema kinematik tahlil qilinsin.

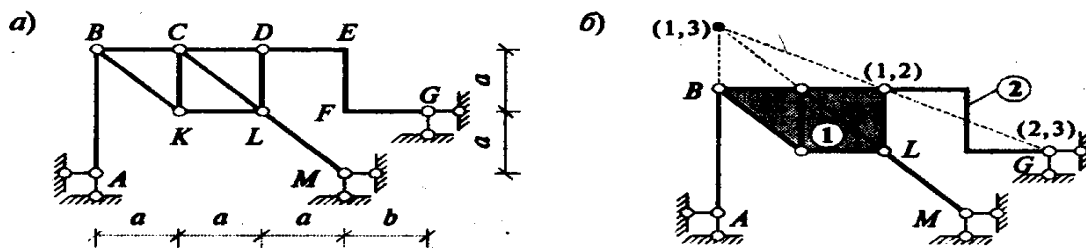


1.1.11- rasm

$$W = 2Y - C - C_T = 2 \cdot 7 - 11 - 3 = 0$$

Sistemaning geometrik o'zgarmasligini isbotlash uchun bir necha marta o'zgarmas sistemalarni yaratishni birinchi usulini qo'llaymiz. Eng oddiy uchburchakli ASG diskka V tugunni AV va VS chiziqlar yordamida biriktiramiz. Olingan yangi AVSG diskka ye tugunni Ae va yeG diadalar yordamida, so'ngra G' tugunini G'ye va G'G diadalar yordamida biriktiramiz. Oxirida AVSeG'G diskka D tuguni CD va DE diadalar yordamida biriktiriladi. Shunday qilib, bir butun sistema disk hisoblanadi. Ushbu disk yerga uchta sterjenlar bilan to'g'ri mahkamlangan. Xulosa: sistema qo'zg'olmas, geometrik o'zgarmas va statik aniq.

1.9- misol .



1.1.12, a,b- rasm

1.1.12, a- rasmda ko'rsatilgan sistema uchun kinematik tahlil bajarilsin.

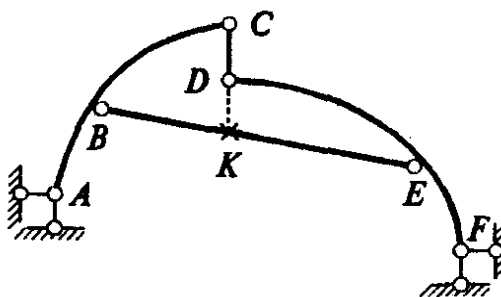
$$D=10, \quad III=12, \quad C_T=6.$$

$$W = 3D - 2III - C_T = 3 \cdot 10 - 2 \cdot 12 - 6 = 0$$

To'g'ri birlashtirilgan uchburchaklardan tuzilgan ferma, bitta $BCDLK$

diskni hosil qiladi. yerni uchinchi disk deb qabul qilib, tadqiq qilish uchun kinematik usulni qo'llaymiz. 1- diskning oniy aylanish markazi yerga nisbatan AV va LM sterjenlarning kesishgan nuqtasida (soxta sharnir) joylashgan, 1-disk 2-diskka ($DEFG$) nisbatan D sharniri bilan va 2- disk yerga nisbatan G sharnirlari bilan bog'langan. Uchala bog'langan disklarning hamma oniy aylanish markazlari bir to'g'ri chiziqli yotadi, bu masalaning geometriyasidan kelib chiqadi (1.1.12, b- rasm,). Shunday qilib, berilgan sistema oniy o'zgaruvchi.

1.10- misol. 1.1.13- rasmda ko'rsatilgan sistema tadqiq qilinsin.



1.1.13- rasm

$$D = 4, \quad Sh = 4, \quad C_t = 4$$

$$W = 3D - 2III - C_T = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 4 - 4 = 0$$

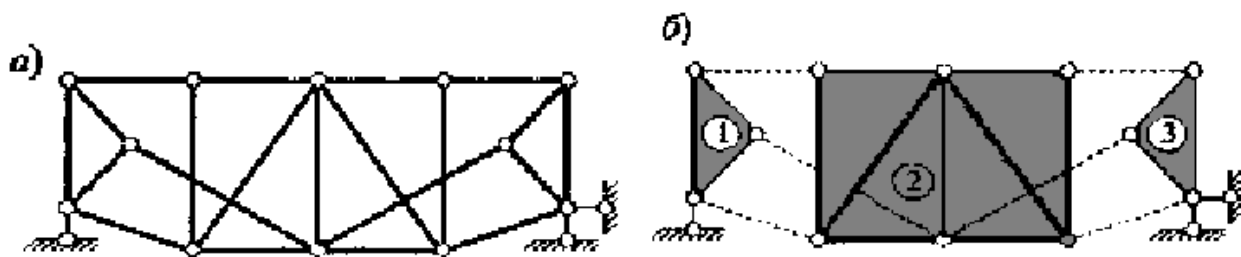
AVS va DEF disklari yer yuziga A, G' sharnirlari bilan birlashtirilgan va o'zaro K nuqtada (soxta sharnir) kesishuvchi CD va Be sterjenlar bilan birlashtirilgan.

A, K va G' sharnirlar bir to'g'ri chiziqli yotmaydi. Shunday qilib, tuzilishni tashkil qilish shakliga ko'ra, berilgan sistema geometrik o'zgarmas, statik aniq va oniy o'zgaruvchan emas.

1.11- misol. 1.1.14, a- rasmda ko'rsatilgan sistema tadqiq qilinsin.

Tugunlar soni $Y=12$, sterjenlar soni $S=21$, tayanch sterjenlari soni $S_t=3$.

$$W = 2Y - C - C_T = 2 \cdot 12 - 21 - 3 = 0.$$

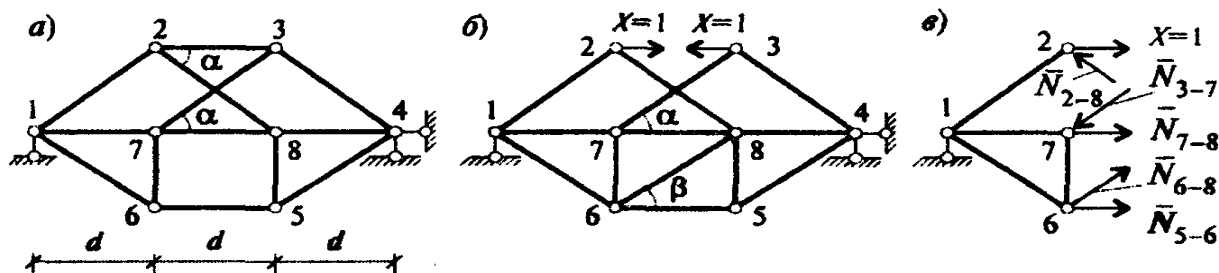


1.1.14- rasm

1- va 2- disklar o'zaro bir nuqtada kesishmaydigan uchta to'g'ri chiziqlar (ular uzlukli ko'rsatilgan) bilan biriktirilgan va tuzilishni tashkil qilishning uchinchi qoidasiga ko'ra, yangi diskni hosil qiladi. Ushbu yangi diskka 3- disk xuddi yuqorida aytilgandek biriktiriladi. Shunday tartibda olingan bir butun disk, bir nuqtada kesishmaydigan uchta tayanch sterjenlari bilan yerga biriktiriladi. Xulosa: Ferma statik aniq, geometrik va oniy o'zgarmas.

1.12- misol. 1.1.15, a-rasmda ko'rsatilgan sistema tadqiq qilinsin

$$Y=8, S=13, S_T=3. W=2 \cdot Y - C - C_T = 2 \cdot 8 - 13 - 3 = 0$$



1.1.15- rasm

Berilgan sistemaning geometrik tuzilishini tahlil qilish bizga ma'lum qoidalar bo'yicha ancha murakkab.

Bu masalani yechish uchun sterjenlarni almashtirish usulini qo'llaymiz. Berilgan sistemani boshqasi bilan almashtiramiz, bunda 2-3 sterjen 6-8 sterjeni bilan almashtirilgan (1.1.15, b- rasm). Bu sistema ham geometrik o'zgarmasdir.

Tashlab yuborilgan 2-3 sterjen o'rniga, almashtirilgan sistemaning 2- va 3-tugunlariga tashqi simmetrik yuklar sifatida qabul qilingan, birlik kuchlarni qo'yib, 6-8 sterjenidagi $\bar{N}_{6-8}$ zo'riqlashini topamiz. Fermaning simmetrikligi sababli, 2- va 3- tugunlarni kesib 1-2 va 3-4 sterjenlariga perpendikulyar o'qlariga, barcha kuchlarning proeksiyalari tenglamasini tuzish natijasida 2-8 va 3-7 sterjenlaridagi zo'riqlashlar siqiluvchi va teng $\bar{N}_{2-8} = \bar{N}_{3-7}$ bo'ladi. So'ngra, 2-8, 3-7, 7-8, 6-8, 5-6 sterjenlar orqali qirqim o'tkazamiz va vertikal o'qqa chap kuchlarning proeksiyalari yig'indisini ifodalovchi muvozanat tenglamalarini tuzamiz (1.1.15, v-rasm):

$$\sum Y = 0, \quad \bar{N}_{2-8} \cdot \sin \alpha - \bar{N}_{3-7} \cdot \sin \alpha + \bar{N}_{6-8} \cdot \sin \beta = 0$$

Bu yerdan $\bar{N}_{6-8} = 0$ ekanligi kelib chiqadi. $\bar{N}_{6-8} = 0$ tenglik berilgan sistemaning oniy o'zgaruvchanlik belgisi hisoblanadi.

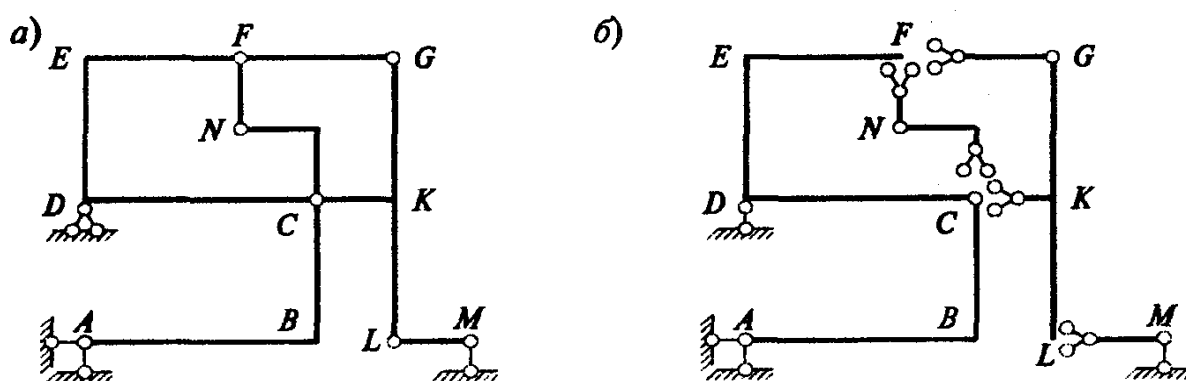
1.13- misol. 1.1.16, a- rasmda ko'rsatilgan sistemaning kinematik tahlili

bajarilsin.

$$D = 7, Sh = 8, S_t = 5. \quad W = 3 \cdot D - 2 \cdot III - C_T = 3 \cdot 7 - 2 \cdot 8 - 5 = 0.$$

Ramaning (1.1.16, b- rasm), oddiy sharnirlarini unga teng kuchli ikki sterjenli sharnirli-qo'zg'almas tayanchlar bilan almashtirib, qavatlar sxemasi (shakli) ni tuzamiz.

Qavatlar sxemasida, geometrik o'zgarmas asosiy-diskni va geometrik o'zgarmasligi asosiy qismga tayanish hisobiga bajariladigan va ikkinchi darajali qismga ajratiladi. O'zaro S sharniri va yerga A, D sharnirlari yordamida biriktirilgan, ikki AVS va $CDEF$ disklaridan tuzilgan $ABCDEF$ uch sharnirli rama, geometrik o'zgarmas sistema (disk) hisoblanadi, chunki uchchala A, C, D sharnirlar bir to'g'ri chiziqli yotmaydi. Bu diskga, bir butun geometrik o'zgarmas sistema hosil qiluvchi, yana ikki- CNF va $FGKCL$ uch sharnirli ramalari tayanadi. Nihoyat, oxirgi diskka bir nuqtada kesishmaydigan uchta tayanch sterjenlari yordamida LM balkasi (sterjen) biriktiriladi.



1.1.16- rasm

1.2. Tekis sterjenli sistemalarning statik noaniqlik darajasini aniqlash va ortiqcha bog'lanishlarni yo'qotish yo'li bilan ulardan statik aniq sistema tuzish.

Qo'zg'almas yuk ta'siridagi tekislik sistemalarni hisoblash asosiy usullari

Ichki zo'riqlashlari va bog'lanishlardagi reaksiyalari faqat statikaning muvozanat tenglamalaridan aniqlanishi mumkin bo'lgan geometrik o'zgarmas sistemaga statik aniq sistema deyiladi. Bunday sistemalar uchun $W = 0$ ($V = 0$) bo'ladi.

Ta'kidlamoq lozimki, statik aniq sistemalar tushunchasi bir vaqtning o'zida, uning geometrik o'zgarmasligi va ortiqcha bog'lanishlarga ega emasligini ko'rsatadi. Sistema uchun $W < 0$ ($V < 0$) shart bajarilgani bilan, uning geometrik va oniy o'zgarmasligi isbot qilinmaguncha, statik aniq deb aytish mumkin emas.

Ichki zo'riqlashlari yoki tayanch reaksiyalari faqat statikaning muvozanat tenglamalaridan aniqlanishi mumkin bo'lmagan geometrik o'zgarmas sistemaga statik noaniq sistema deyiladi. Bunday sistemalar uchun $W < 0$ ($V < 0$) bo'ladi.

Yuqorida aytilgani kabi, sistema uchun $W < 0$ ($V < 0$) shart bajarilgani bilan, uning oniy va geometrik o'zgarmasligi aniqlanmaguncha, statik noaniq deb

aytish mumkin emas.

Statik noaniq sistema, geometrik o'zgaraslik uchun yetarli miqdordagi eng kam bog'lanishlardan tashqari, keragidan ortiq bog'lanishlarga (ortiqcha bog'lanishlarga) ega bo'ladi. Ortiqcha bog'lanishlar deb, sistemaning geometrik o'zgarasligini buzmaganda, tashlab yuborish mumkin bo'lgan bog'lanishlarga aytiladi. E'tiborga olish lozimki, bu bog'lanishlar mustahkamlik nuqtai nazarida butunlay ortiqcha bo'lmisligi mumkin.

Statik noaniqlik darajasi deb ataluvchi ortiqcha bog'lanishlar soni L , teskari ishora bilan olingan erkinlik darajasi formulasi bo'yicha hisoblanadi:

$$\Pi = -W = C_T + 2III - 3D, \quad (1.10)$$

$$\Pi = -W = C_T + C - 2V. \quad (1.11)$$

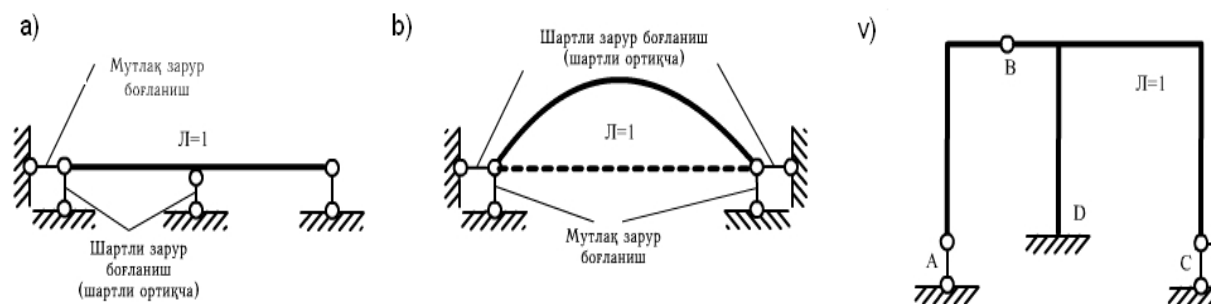
Har bir sharnirsiz yopiq kontur ortiqcha uchta bog'lanishlarga ega bo'lib, uch marta ichki statik noaniq sistema bo'ladi. Shu sababli, yopiq konturlari bo'lgan sistemalar uchun ortiqcha bog'lanishlar soni quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi.

$$\Pi = -W = C_T + 2III + 3K - 3D. \quad (1.12)$$

bu yerda K - sharnirsiz yopiq konturlar soni.

Statik noaniq sistemalarning barcha bog'lanishlari ikki kategoriya (turkum) ga ajraladi: *mutlaq zarur* va *shartli zarur* (*shartli ortiqcha*). Sistemaning statik noaniq bo'lishiga qaramasdan, mutlaq zarur bog'lanishlarni olib tashlash, berilgan sistemani oniy va geometrik o'zgaruvchi bo'lishiga olib keladi. Mutlaq zarur bog'lanishlardagi zo'riqishlar muvozanat tenglamalaridan aniqlanishi mumkin.

Shartli zarur bog'lanishlarni olib tashlash esa, berilgan sistemani geometrik o'zgaruvchan bo'lishiga olib kelmaydi (1.2.1, a,b- rasm).



1.2.1-rasm

1.2.1, v- rasmdagi A tayanchning vertikal sterjeni va V sharniri mutlaq zarur bog'lanishlar hisoblanadi, ularni olib tashlashga yo'l qo'yib bo'lmaydi, S va D nuqtalaridagi tayanch bog'lanishlari esa shartli zarur hisoblanadi va ulardagi qaysidir ikkitasini olib tashlash mumkin.

Statik noaniq sistemada har doim L miqdordagi shunday shartli zarur bog'lanishlarni topish mumkinki, ularni olib tashlash berilgan sistemani statik aniq sistemaga aylantiradi. Statik aniq sistemani tuzishda ortiqcha bog'lanishlar sifatida tashqi yoki ichki bog'lanishlarni olish mumkin. Har qanday statik noaniq sistemalar uchun, statik aniq sistemalar tanlashning sanoqsiz ko'p variantini taklif qilish mumkin, ular asosan statik noaniq tuzilmalarni hisoblashda katta

ahamiyatga egadir.

Bitta bog‘lanishni yo‘qotishda qo‘llaniladigan usullar

1. Bitta tayanch sterjenini olib tashlash.
2. Uchlari sharnirli bitta to‘g‘ri chiziqli sterjenni olib tashlash. Bundan keyin bunday sterjenlar *ferma* elementi, uch sharnirli ramalar (arkalar) da esa *tortqich* deyiladi.
3. Bitta oddiy sharnir kiritish.

Ikkita bog‘lanishlarni yo‘qotishda qo‘llaniladigan usullar

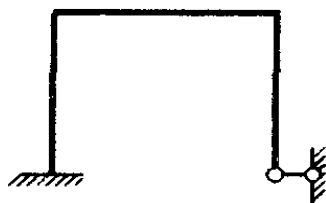
1. Ikkita tayanch sterjenlarini olib tashlash, yoki ikki ferma elementini, yoki ikki oddiy sharnirlar kiritish, yoki bitta ikki karrali sharnir kiritish, yoki ularning har qanday kombinatsiyasi.
2. Bitta oddiy sharnirni olib tashlash.

Uchta va undan ortiq bog‘lanishlarni yo‘qotishda qo‘llaniladigan usullar

1. Yuqorida keltirilgan usullarning har qanday kombinatsiyasi.
2. Elementlarni kesish.

Xulosa qilib qayd qilamizki, statik aniq sistemalarni tuzish birdan-bir maqsad emas, hisoblashlarda ularni keyingi qo‘llanishlari uchun birinchi qadamdir. Shuning uchun, berilgan statik noaniq sistemaga mos kelgan, sanoqsiz ko‘p statik aniq sistemadan har qanday yuklar ta’siridan eguvchi moment epyuralarini qurish uchun qulay va eng oddiy (ratsional) sini tanlash kerak. Hususan, agar berilgan sistema simmetrik bo‘lsa, undan olingan statik aniq sistema ham simmetrik bo‘lishi kerak. Bunga simmetrik joylashgan ortiqcha bog‘lanishlar va simmetriya o‘qlarida joylashgan bog‘lanishlarni olib tashlash yo‘li bilan erishiladi.

1.14- misol. Ortiqcha bog‘lanishlar sonini aniqlang va ularni olib tashlash yo‘li bilan statik aniq sistema tuzing (1.2.2- rasm).



1.2.2-rasm

(1.10) formulasi bo‘yicha ortiqcha bog‘lanishlar sonini aniqlaymiz:

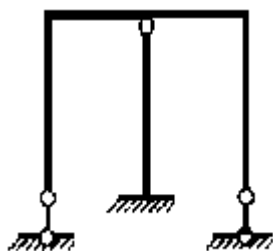
$$J = C_T + 2III - 3D = 4 + 2 \cdot 0 - 3 \cdot 1 = 1.$$

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 (1.2.3, a). Agar chap yoki o‘ng tuguniga oddiy sharnir kiritilsa, sistema unchalik yaxshi

1.2.3- rasm

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).

1.15- misol. Ortiqcha bog‘lanishlar sonini aniqlang va ularni olib tashlash yo‘li bilan statik aniq sistema tuzing (1.2.4- rasm)



1.2.4-rasm

Ortiqcha bog‘lanishlar sonini aniqlaymiz.

$$II = C_T + 2III - 3D = 5 + 2 \cdot 1 - 3 \cdot 2 = 1$$

Berilgan sistema bitta ortiqcha bog‘lanishga ega.

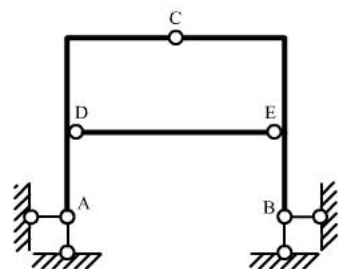
Bu bog‘lanishni, yoki biror shartli zarur tayanch sterjenini olib tashlash yo‘li bilan (1- usul) yoki oddiy sharnir kiritish yo‘li bilan (3- usul), yo‘qotish mumkin.

Berilgan sistema simmetrik bo‘lganligi sababli, statik aniq sistemani ham simmetrik tanlash maqsadga muvofiqdir.

Buni, gorizontal sterjenning o‘rtasiga oddiy sharnir kiritish yordamida (1.2.5, a- rasm) yoki uchta tayanch sterjeniga teng kuchli bo‘lgan istirilgan tayanchning vertikal tayanch sterjenini olib tashlash yo‘li bilan (1.2.5, b- rasm), bajarish mumkin.

1.2.5- rasm Agar qistirilgan tayanchga sharnir kiritilsa, u holda oniy o‘zgaruvchi sistema hosil bo‘ladi (1.2.5, v- rasm).

Yo chapdagi, yo o‘ngdagi bitta tayanch sterjenini olib tashlash mumkin, u holda statik aniq sistema nosimmetrik bo‘ladi (1.2.5, g- rasm).



1.16- misol. Ortiqcha bog‘lanishlar soni topilsin va ularni tashlab yuborish yo‘li bilan statik aniq sistema tuzilsin (1.2.6- rasm).

1.2.6-rasm

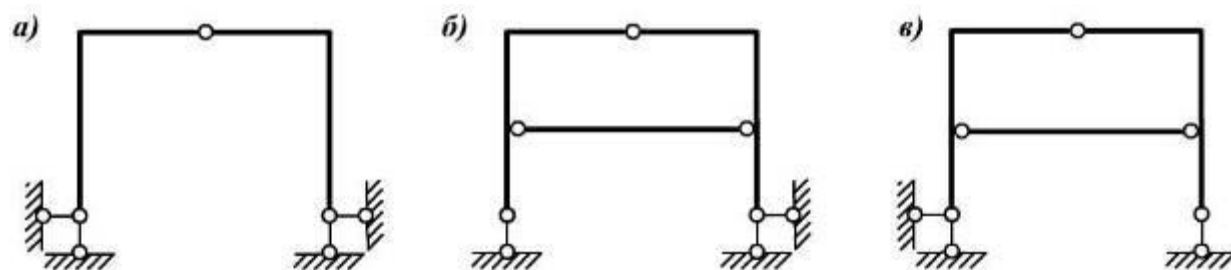
$$II = C_T + 2III - 3D = 4 + 2 \cdot 3 - 3 \cdot 3 = 1$$

Bitta bog‘lanishni yo‘qotish kerak. Berilgan sistemaning simmetrikligi sababli, olinadigan statik aniq sistemaning simmetriyasini buzmaslik uchun simmetriya o‘qidagi ortiqcha bog‘lanishni olib tashlaymiz. S sharnir ikkita

bogʻlanishga teng kuchli boʻlganligi sababli, uni olib tashlash mumkin emas.

Bogʻlanishlarni yoʻqotishning ikkinchi usuliga asosan *DE* tortqichni (1.2.7, *a*- rasm) olib tashlaymiz.

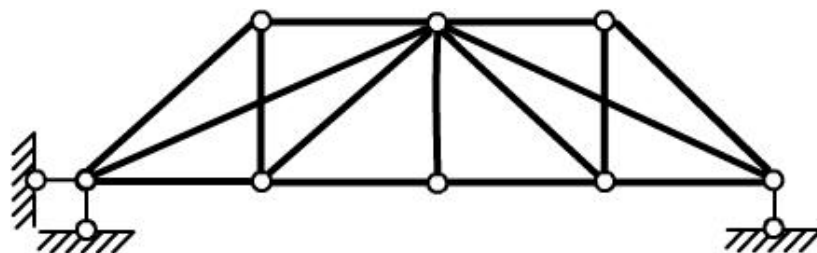
DE



1.2.7- rasm

Agar, *A* yoki *V* nuqtalardagi bitta gorizonta tayanch sterjenini olib tashlasak, statik aniq sistema biroz yomonroq boʻladi (masalaning simmetrikligi yoʻqoladi) (1.2.7, *b*, *v*-rasm). Mutlaq zarur vertikal tayanch sterjenlarini olib tashlash mumkin emas.

1.17-misol. Statik noaniqlik darajasi hisoblansin va berilgan sistemadan statik aniq sistema tuzilsin (1.2.8- rasm).



1.2.8- rasm

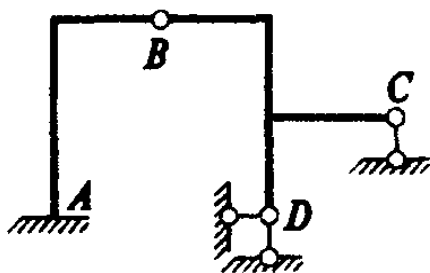
Ferma uchun (1.11) formulasi boʻyicha statik noaniqlik darajasini aniqlaymiz:

$$J = C_T + C - 2V = 3 + 15 - 2 \cdot 8 = 2$$

Berilgan simmetrik ferma ichki ikki marta statik noaniq. Ikkita simmetrik joylashgan ferma elementlarini olib tashlash yoʻli bilan statik aniq sistema olish mumkin. 1.2.9, *a, b, v*- rasmlarda shunday sistemalarning turli variantlari koʻrsatilgan.

1.2.9- rasm

1.18- misol. Statik noaniqlik darajasi aniqlansin va berilgan sistemadan statik aniq sistema tuzilsin (1.2.10-rasm)



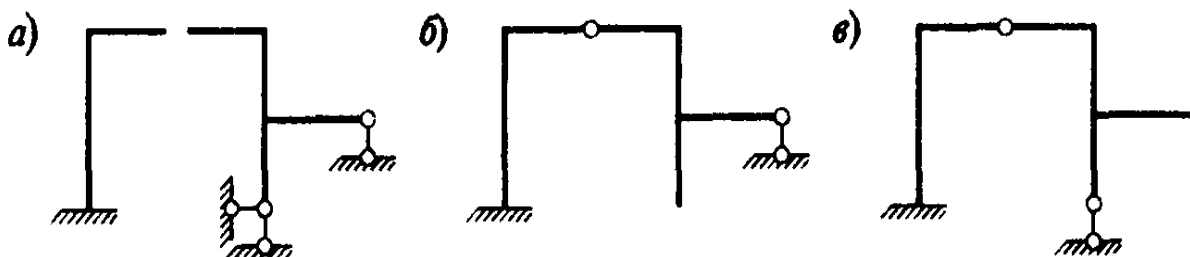
1.2.10-rasm

$$\mathcal{I} = C_T + 2III - 3D = 6 + 2 \cdot 1 - 3 \cdot 2 = 2$$

Eng tabiiy harakat-ikkita bogʻlanishga teng kuchli, V oddiy shamirini olib tashlash (1.2.11, a- rasm).

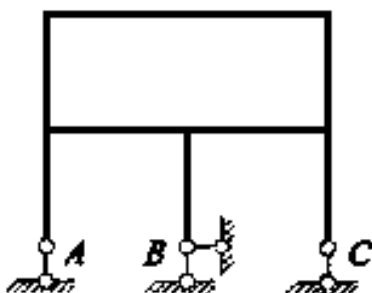
D nuqtadagi ikkita tayanch sterjenlarini tashlab yuborib (1.2.11,b- rasm), yoki S nuqtadagi vertikal tayanch sterjenini va D nuqtadagi hohlagan tayanch sterjenini olib tashlab, boshqa statik aniq sistemalarni olish mumkin (1.2.11, v- rasm).

1.19- misol. Ortiqcha bogʻlanishlar soni aniqlansin va ularni olib tashlash yoʻli bilan statik aniq sistema tuzilsin (1.2.12- rasm)



1.2.11- rasm

Berilgan simmetrik sistemada bitta yopiq kontur boʻlganligi sababli, ortiqcha bogʻlanishlar sonini (1.12) formulasi boʻyicha aniqlaymiz:

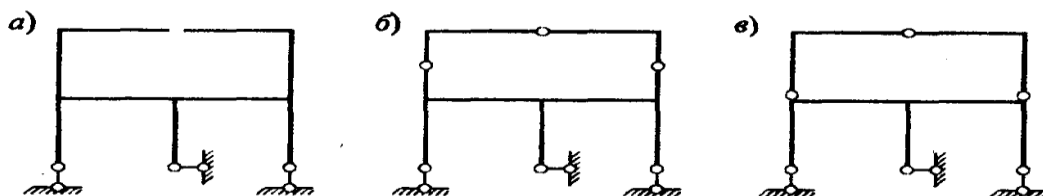


1.2.12-rasm

$$\mathcal{I} = C_T + 2III + 3K - 3D = 4 + 2 \cdot 0 + 3 \cdot 1 - 3 \cdot 1 = 4$$

Barcha toʻrtta ortiqcha bogʻlanishlarni bir harakat bilan olib tashlab boʻlmaydi. Shuning uchun yuqorida keltirilgan 1- va 2- usullar kombinatsiyasini qoʻllaymiz.

Yuqorigi gorizontal sterjenning oʻrtasidan kesamiz (bunday kesim uchta ortiqcha bogʻlanishlarni tashlab yuborish bilan teng) va V nuqtadagi vertikal tayanch sterjenini olib tashlaymiz (1.2.13, a- rasm). 1.2.13, b, v- rasmlarda har xil kesimlarga uchta oddiy shamirlar kiritish va V nuqtasidagi vertikal tayanch sterjenini olib tashlash yoʻli bilan olingan, yana ikki uncha yaxshi tanlanmagan statik aniq sistemalar koʻrsatilgan.

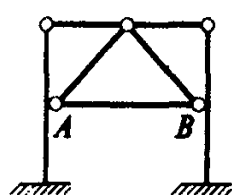


1.2.13-rasm

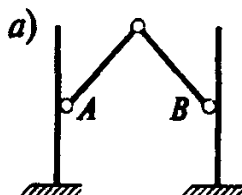
1.20- misol. Berilgan sistemaning statik noaniqlik darajasi hisoblansin va undan statik aniq sistema tuzilsin (1.2.14-rasm).

$$\mathcal{N} = C_T + 2III - 3D = 6 + 2 \cdot 9 - 3 \cdot 7 = 3$$

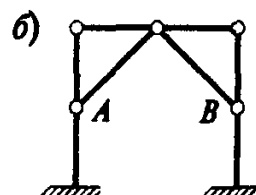
Statik aniq sistemalarning birini uchta ferma elementini olib tashlash yo‘li bilan olish mumkin (1.2.15, a- rasm).



1.2.14-rasm



1.2.15-rasm



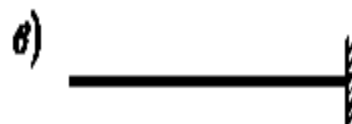
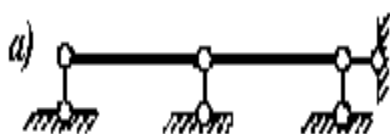
Agar pastki ferma elementini olib tashlab, A va V sharnirlarini kiritak, yana bitta statik aniq sistemani olamiz (1.2.15.b- rasm).

1.21- misol. Berilgan sistemaning statik noaniqlik darajasi hisoblansin va undan statik aniq sistema tuzilsin (1.2.16-rasm).



1.2.16-rasm

$$\mathcal{N} = C_T + 2III - 3D = 5 + 2 \cdot 0 - 3 \cdot 1 = 2$$

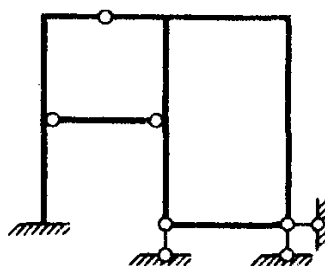


1.2.17- rasm

Eng qulay statik aniq sistema V va S nuqtalariga ikkita oddiy sharnirlar kiritish yo‘li bilan tuziladi (1.2.17, a-rasm).

1.2.17, b.v- rasmlarda yana ikkita oddiy statik aniq sistemalar ifodalangan.

1.22- misol. Ortiqcha bog‘lanishlar soni topilsin va ularni olib tashlash yo‘li bilan statik aniq sistema tuzilsin (1.2.18-rasm).



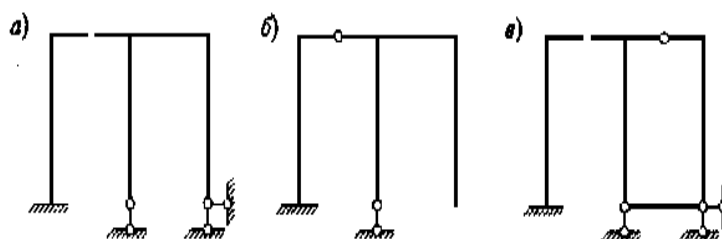
1.2.18-rasm

$$II = C_T + 2III - 3D = 6 + 2 \cdot 5 - 3 \cdot 4 = 4$$

To‘rtta ortiqcha bog‘lanishlarni yo‘qotish kerak. Ko‘rinib turibdiki, agar ikkita ferma elementini va oddiy sharnirni olib tashlansa, eng oddiy statik aniq sistemani olish mumkin (1.2.19, a- rasm).

Agar ikkita ferma elementini va o‘ng tayanchdagi ikkita bog‘lanishni olib tashlansa, yana bitta oddiy statik aniq sistemaga ega bo‘lamiz (1.2.19, b- rasm).

1.2.19, v- rasmda biroz murakkabroq statik aniq sistema ko‘rsatilgan.



1.2.19-rasm

II. ZO‘RIQISHLAR QIYMATINI TA‘SIR CHIZIQLAR YORDAMIDA QURISH. TA‘SIR CHIZIQLARINI KINEMATIK USULDA QURISH. INSHOOTLARNI DOIMIY YUKLAR TA‘SIRIGA HISOBLASH. STATIK ANIQ SISTEMALARNING ASOSIY XUSUSIYATLARI

1. Statik aniq sistemalarda issiqlik ta‘siridan, tayanchlar siljishdan va yig‘ishdagi noaniqliklardan tayanch reaksiyalari va ichki zo‘riqishlar (M, Q, N) hosil bo‘lmaydi.

2. Statik aniq sistemalarning reaksiyalari va elementlaridagi zo‘riqishlar, ko‘ndalang kesim shakli va o‘lchamlariga hamda inshoot materialining elastik xususiyatlariga bog‘liq emas.

3. Statik aniq sistemalarda ko‘pincha, xususiy qo‘zg‘almaslikka va geometrik o‘zgarmaslikka ega bo‘lgan asosiy qismni ajratish mumkin, sistemaning qolgan qismi esa unga tayanib o‘zining qo‘zg‘almasligi va geometrik o‘zgarmasligiga ega bo‘ladi. Bunday sistemalarda, asosiy qismga qo‘yilgan yuklar faqat shu qism elementlarida zo‘riqishlar hosil qiladi. Boshqacha aytganda, pastki qismidagi yuk va zo‘riqishlar uning yuqorisidagi qismlarga uzatilmaydi (2.30-misolga qarang).

4. Statik aniq sistemaning muayyan geometrik o‘zgarmas qismiga qo‘yilgan muvozanatlashgan yuk faqat shu qismida zo‘riqish hosil qildi, sistemaning barcha kolgan qismida esa zo‘riqishlar nolga teng (2.25- misolga qarang).

2.1. Tayanch reaksiyalarini aniqlash.

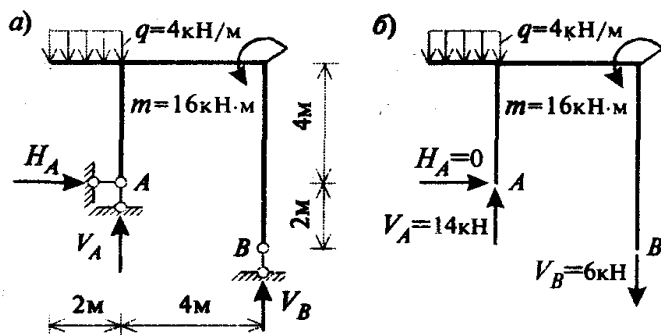
Har qanday muxandislik inshootlari tashqi yuk ta'sirida tayanchlarga bosim ko'rsatadi. Bu bosimga teng va qarama-qarshi kuchlar, *tayanch reaksiyalari* deyiladi. Ularni aniqlash uchun, sistemaga ta'sir etuvchi barcha kuchlarni x , y o'qlariga proeksiyalarining yig'indisi va bu kuchlarni tayanchlarga yoki boshqa moment nuqtalariga nisbatan momentlarining yig'indisini ifodalovchi statikaning muvozanat tenglamalari: $\sum X=0$; $\sum Y=0$; $\sum M=0$, to'ldi. Oxirgi tenglamani tuzishda soat strelkasi bo'yicha ta'sir etuvchi momentlarni musbat ishorali deb hisoblaymiz. Barcha tayanch reaksiyalarini topish va ularni tekshirishda statik aniq sistemalar uchun doimo yetarlicha muvozanat tenglamalarini tuzish mumkin.

Hozirdan boshlab, o'ng tomonlama to'g'ri burchakli koordinatalar sistemasi qabul qilinadi (x o'qi o'ngga yo'naltirilgan, y o'qi yuqoriga). Yuqoriga yo'naltirilgan vertikal reaksiyalar V , gorizontal reaksiyalar N - o'ngga, qistirilgan tayanchdagi soat strelkasi harakati bo'yicha yo'naltirilgan reaktiv momentlar M -musbat hisoblanadi. Tortqichdagi zo'riqish H sterjenni cho'zsa, musbat qabul qilinadi.

Tayanch reaksiyalarini aniqlashda, avvalo, hisob sxemasida ularning yo'nalishlarini ko'rsatish kerak. Agar reaksiyalarning haqiqiy yo'nalishini oddiy mantiqiy mulohazalardan aniqlash imkoniyati bo'lmasa, u holda ularni musbat yo'nalishli deb qabul qilamiz.

Bir diskli sistemalarda tayanch reaksiyalarini aniqlashni ko'ramiz.

2.1- misol. 2.1.1, a- rasmda ko'rsatilgan oddiy ramaning tayanch reaksiyalari topilsin.



2.1.1-rasm

Oz sonli sterjenlardan tuzilgan, tugunlarda o'zaro bikir bog'langan va yerga (boshqa diskka) bir nuqtada kesishmaydigan uchta tayanch sterjenlari yordamida mahkamlangan, bir diskli geometrik o'zgarmas sistemani *oddiy rama* deb tushunamiz.

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_B) esa, unga perpendekulyar bo'ladi. Bundan ma'lumki dastlab $\sum X = 0$ tenglamasini tuzish lozim, bundan $N_A = 0$ ekanligini topamiz. V_B reaksiyasini topish uchun $\sum M_A = 0$ tenglamasini tuzamiz:

$$-V_B \cdot 4 - 4 \cdot 2 \cdot 1 - 16 = 0, \text{ bundan } V_B = -6 \text{ kN.}$$

«Minus» ishorasi V_V reaksiyasi dastlab faraz qilganimizdek yuqoriga emas, pastga yoʻnalganligini koʻrsatadi. Nihoyat, V_A reaksiyasini $\sum M_V = 0$ 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 topilgan tayanch reaksiyalarining qiymatlari va yoʻnalishlari koʻrsatilgan. Ularning qiymatlarini toʻgʻriligini tekshirish uchun $\sum Y = 0$ tenglamasini tuzamiz:

$$- 4 \cdot 2 + 14 - 6 = 14 - 14 = 0.$$

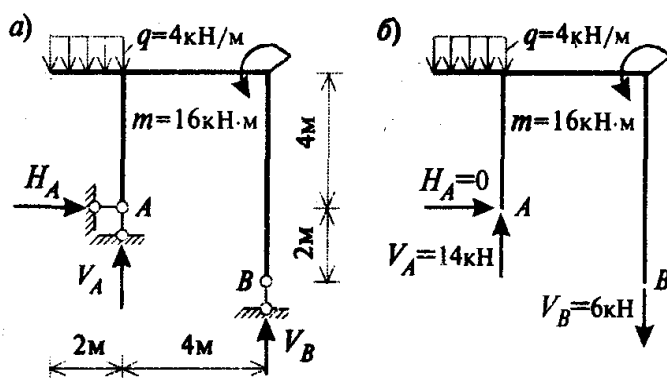
Demak, tayanch reaksiyalari toʻgʻri aniqlangan.

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 taʼsiridan gorizontall reaksiyalar paydo boʻlmaydi. Shunday ramalar yana, *hovonsiz ramalar* deyiladi.

Sistemalarda faqat vertikal yuklar taʼsiridan, reaksiyaning *hovon* deb nomlanuvchi gorizontall tashkil etuvchisi paydo boʻlsa, 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 yoʻnalishlari koʻrsatilgan. Birinchi misoldan maʼlumki, yagona vertikal reaksiya V_V ni $\sum Y = 0$ shartidan aniqlaymiz:

$$V_V - 2 \cdot 6 - 6 = 0, \text{ bundan } V_V = 18 \text{ kN.}$$

N_V reaksiyasini topish uchun qolgan ikki tayanch reaksiyalari taʼsir chiziqlarining kesishgan nuqtasiga nisbatan barcha kuchlar momentlarining muvozanat tenglamasini tuzamiz. Bunday nuqta *moment nuqtasi* deyiladi.

$$\sum M_k = 0; \quad - 2 \cdot 6 \cdot 3 + 6 \cdot 4 + N_V \cdot 3 = 0, \text{ bundan } N_V = 4 \text{ kN.}$$

N_V reaksiyasini $\sum M_A = 0$ shartidan ham topish mumkin.

N_A reaksiyasini aniqlash uchun barcha kuchlarning x oʻqiga proeksiyalari yigʻindisi koʻrinishidagi muvozanat tenglamasini tuzamiz.

$$\sum X = 0; \quad N_A - N_V = 0, \quad N_A = N_V = 4 \text{ kN.}$$

Shunday qilib, aniqlanishi boʻyicha berilgan rama hovanli hisoblanadi. Reaksiyalar musbat ishorali chiqdi. Demak, ularning yoʻnalishlari toʻgʻri qabul qilingan.

Topilgan tayanch reaksiyalarining toʻgʻriligini tekshirish uchun barcha

kuchlarning A nuqtasiga nisbatan momentlari tenglamasini yozamiz:

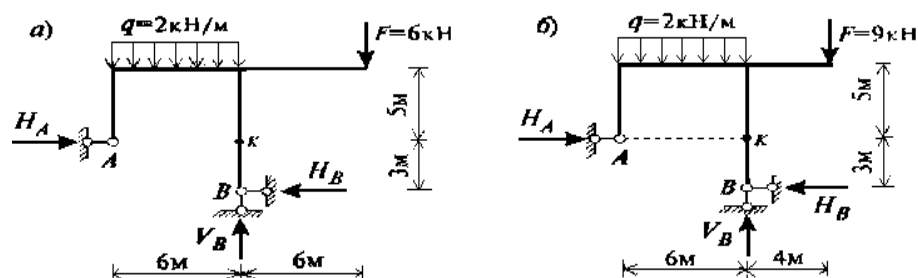
$$\square M_A = 0; \quad 2 \cdot 6 \cdot 3 + 6 \cdot 10 + 4 \cdot 3 - 18 \cdot 6 = 108 - 108 = 0.$$

Javob: $N_A = 4 \text{ kN}, \quad N_V = -4 \text{ kN}, \quad V_V = 18 \text{ kN}.$

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.

2.3-misol. Ramalardagi tayanch reaksiyalarini toping (2.1.3,a,b-rasm).

2.1.3, a- rasmda ko'rsatilgan rama uchun noma'lum reaksiyalar quyidagi muvozanat tenglamalaridan topilishi mumkin:



2.1.3-rasm

$$\square Y = 0; \quad -2 \cdot 6 - 6 + V_V = 0, \quad V_V = 18 \text{ kN}.$$

$$\square M_k = 0; \quad -2 \cdot 6 \cdot 3 + 6 \cdot 6 + N_V \cdot 3 = 0, \quad N_V = 0.$$

$$\square X = 0; \quad N_A - N_V = 0, \quad N_A = N_V = 0.$$

Aniqlanishi bo'yicha berilgan rama hovonsiz hisoblanadi.

Javob: $N_A = 0; \quad N_V = 0; \quad V_V = 18 \text{ kN}.$

Yuqoridagiga o'xshash muvozanat tenglamalarini yozib, 2.1.3,b-rasmda ko'rsatilgan rama uchun tayanch reaksiyalarini topamiz:

$$\square Y = 0; \quad -2 \cdot 6 - 9 + V_V = 0, \quad V_V = 21 \text{ kN}.$$

$$\square M_k = 0; \quad -2 \cdot 6 \cdot 3 + 9 \cdot 4 + N_V \cdot 3 = 0, \quad N_V = 0.$$

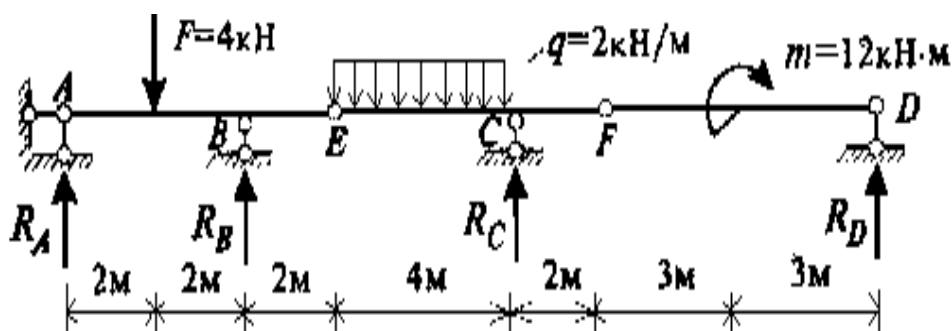
$$\square X = 0; \quad N_A - N_V = 0, \quad N_A = N_V = 0.$$

Berilgan rama ham hovonsiz hisoblanadi.

Javob: $N_A = 0; \quad N_V = 0; \quad V_V = 21 \text{ kN}.$

KO'P ORALIQLI STATIK ANIQ BALKALAR. UMUMIY MA'LUMOT. KO'P ORALIQLI STATIK ANIQ BALKALARNING QO'ZG'ALMAS YUKKA HISOBLASH.

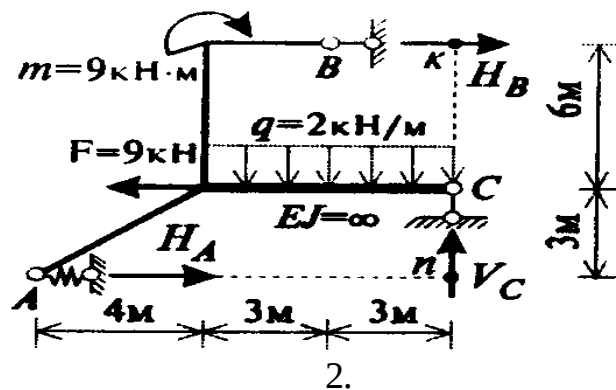
Sistemaning hovonli yoki hovonsizligi haqidagi xulosa, inshootlarning hisoblash sxemasiga, vertikal yuklarning joylashishi va ularning qiymatlari orasidagi nisbatga, shuningdek sistemaning geometrik o'lchamlariga bog'liq bo'ladi.



Sistema materialining elastik usiyati va tayanch

bogʻlanishlarining moyilligi statik aniq sistemaning zoʻriqlari miqdoriga taʼsir koʻrsatmaydi. Shu sababli, elastik moyil tayanch (prujina)larga ega va mutlaq bikir elementli sistemalarda tayanch reaksiyalari yuqorida koʻrsatilgan misollardagidek aniqlanadi.

2.4- misol. Ramaning tayanch reaksiyalari topilsin (2.1.4-rasm).



1.4-rasm

Tayanch reaksiyalarini quyidagi muvozanat tenglamalaridan aniqlaymiz:

$$\begin{aligned} \square Y = 0; \quad V_C - 2 \cdot 6 &= 0, \quad V_S = 12 \text{ kN.} \\ \square M_k = 0; \quad -N_A \cdot 9 + 9 \cdot 6 + 9 - 2 \cdot 6 \cdot 3 &= 0, \quad N_A = 3 \text{ kN.} \\ \square M_n = 0; \quad -9 \cdot 3 - 2 \cdot 6 \cdot 3 + 9 + N_V \cdot 9 &= 0, \quad N_V = 6 \text{ kN.} \end{aligned}$$

Barcha reaksiyalar «musbat» ishorada chiqdi, demak ularning yoʻnalishlari toʻgʻri tanlangan.

Tekshirish: $\square X = 0; \quad 3 - 9 + 6 = 0.$

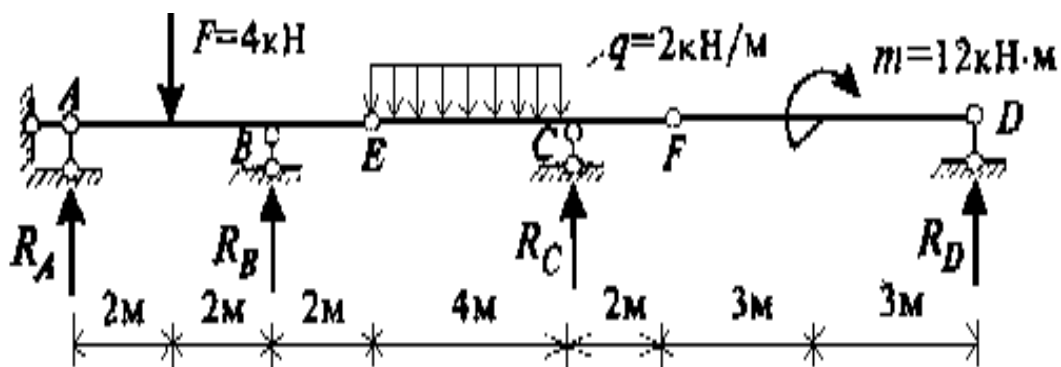
Javob: $N_A = 3 \text{ kN}; \quad N_V = 6 \text{ kN}; \quad V_S = 12 \text{ kN}.$

Koʻp oraliqli (proletli) statik aniq balkalarni hisoblashga bir necha misollar koʻramiz.

Maʼlum tartibda joylashgan, oʻzaro benuqson sharnirlar bilan bogʻlangan statik aniq sistema *koʻp oraliqli sharnir-konsolli balka* deyiladi.

Koʻp oraliqli sharnir-konsolli balkalarda tayanch reaksiyalarini bevosita hisob sxemasi boʻyicha hamda uning qavat sxemasi boʻyicha aniqlash mumkin. Birinchi holda, statikaning uchta muvozanat tenglamalariga qoʻshimcha sharnirlarning chap yoki oʻng tomonida joylashgan barcha kuchlardan eguvchi momentlarning ifodalarini tuzish va ularni nolga tenglash kerak.

2.5- misol. Balkaning tayanch reaksiyalari aniqlansin (2.1.5- rasm).



2.1.5-rasm

2.1.5- rasm Beshta tayanch reaksiyalarini aniqlash uchun beshta muvozanat tenglamalaridan foydalanish mumkin:

1. $\sum X = 0; \quad N_A = 0,$
2. $\sum M_F^{\text{шлр}} = 0; \quad 2 - R_D \cdot 6 = 0, \quad R_D = 2 \text{ kN},$
3. $\sum M_E^{\text{yhz}} = 0; \quad -2 \cdot 12 + 12 + 2 \cdot 4 \cdot 2 - R_C \cdot 4 = 0, \quad R_C = 1 \text{ kN}.$
4. $\sum M_A = 0; \quad -2 \cdot 18 + 12 + 2 \cdot 4 \cdot 8 - 1 \cdot 10 - R_B \cdot 4 + 4 \cdot 2 = 0, \quad R_V = 9,5 \text{ kN}.$
5. $\sum M_E^{\text{чан}} = 0; \quad R_A \cdot 6 - 4 \cdot 4 + 9,5 \cdot 2 = 0, \quad R_A = -0,5 \text{ kN}.$

R_A reaksiyasining oldidagi «minus» ishorasi uning pastga yoʻnalganligini koʻrsatadi.

Tekshirish: $\sum Y = 0; \quad -0,5 - 4 + 9,5 - 2 \cdot 4 + 1 + 2 = -12,5 + 12,5 = 0.$

Javob: $R_A = -0,5 \text{ kN}; R_V = 9,5 \text{ kN}; R_C = 1 \text{ kN}; R_D = 2 \text{ kN}.$

2.6- misol. Balkaning tayanch reaksiylari topilsin (2.1.6- rasm).

Bu masalada tayanch reaksiyalarini aniqlash uchun ikkita tenglamalar sistemasini tuzish talab kilinadi:

$$\begin{cases} R_A \cdot 7 - 15 \cdot 5 - 3 \cdot 2 \cdot 1 + R_B \cdot 2 = 0 \\ R_A \cdot 11 - 15 \cdot 9 - 3 \cdot 6 \cdot 3 + R_B \cdot 6 = 0 \end{cases}$$

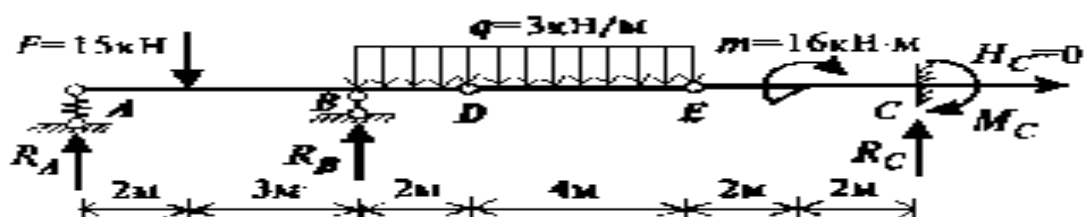
$$1. \sum M_D^{\text{чан}} = 0;$$

$$2. \sum M_E^{\text{чан}} = 0;$$

$$\begin{cases} M_C - R_C \cdot 4 + 16 = 0; \\ M_C - R_C \cdot 8 + 16 + 3 \cdot 4 \cdot 2 = 0. \end{cases}$$

$$3. \sum M_E^{\text{yhz}} = 0;$$

$$4. \sum M_D^{\text{yhz}} = 0;$$



2.1.6-rasm

Ikkita yozilgan tenglamalar sistemasini yechib, tayanch reaksiylarining izlangan qiymatlarini topamiz, ularni tekshirish esa ijobiy natija beradi.

Javob: $R_A = 5,4 \text{ kN}; R_V = 21,6 \text{ kN}; R_S = 6 \text{ kN}; M_S = 8 \text{ kNm}$



2.1.7- rasm

Ba'zi hollarda ko'p oraliqli sharnir-konsolli balkalarni hisoblash sxemasi bo'yicha hisoblash oqilona bo'lmisligi mumkin, chunki ko'p noma'lumli tenglamalar sistemasini yechish talab etiladi.

U holda hisoblash qulay bo'lishi uchun, kuchlar ta'sirining bir balkadan boshqa balkaga uzatilish tabiatini ifodalovchi, qavatlar sxemasini tuzish lozim. Sharnirlar olib qo'yilganda balka alohida qismlargabosh (asosiy) va ikkinchi darajali balkalarga ajraladi. Faqat vertikal yuklar ta'sir qilganda 2.1.7-rasmda asosiy balkalar 2.1.8-rasmda esa ikkinchi darajali balkalar ko'rsatilgan.



2.1.8-rasm

Ta'kidlaymizki, 2.1.7- rasmda keltirilgan oxirgi ikkita balkalar birinchi qarashda X o'qi bo'ylab siljuvchi bo'lib ko'rinishi mumkin. Biroq qavatlar sxemasini tuzishda yetishmagan gorizontol tayanch sterjenini biror bir sharnirdan olish mumkin, chunki ko'p oraliqli balka birgalikda gorizontol yo'nalishda qo'zg'almas bo'ladi.

Hisoblash eng yuqoridagi ikkinchi darajali balkadan boshlanib, navbati bilan pastki balkalarga o'tiladi. Yuqoridagi balka unga qo'yilgan yukka hisoblanadi. So'ngra uning ostidagi balka, unga bevosita qo'yilgan yukka va uning yuqorisiga qo'yilgan ikkinchi darajali balkaning teskari yo'nalishida olingan tayanch reaksiyasidan qo'shimcha yukka, hisoblanadi.

2.7- misol. Balkaning tayanch reaksiyalari topilsin (2.1.9, a - rasm)

2.1.9, b - rasmda qavatlar sxemasi keltirilgan. Asosiy bo'lib Ae va GCD , ikkinchi darajali bo'lib esa FG va EBF balkalar hisoblanadi.

Bir butun balka geometrik o'zgarmas va X o'qi bo'ylab qo'zg'almasdir. Qavatlar sxemasida har bir balka qo'zg'almas va geometrik o'zgarmas (uchtadan tayanch sterjenlari bo'lishi kerak) bo'lishi uchun, G sharniridan bitta gorizontol tayanch sterjenini olib S nuqtadagi tayanchga qo'yish kerak.

Hisoblarni yuqorida yozilgan tartibda bajaramiz.

$$1. FG \text{ balkasi (2.1.9, } v\text{- rasm)} : R_F = R_G = \frac{ql}{2} = \frac{4 \cdot 6}{2} = 12 \text{ kN.}$$

2. EBF balkasi (2.1.9, g - rasm):

$$\square M_E = 0; \quad 12 \cdot 7 - R_V \cdot 5 + 11 \cdot 3 = 0, \quad R_V = 23,4 \text{ kN.}$$

$$\square M_V = 0; \quad -R_E \cdot 5 - 11 \cdot 2 + 12 \cdot 2 = 0, \quad R_E = 0,4 \text{ kN.}$$

3. GCD balkasi (2.1.9, d - rasm) :

$$\square M_D = 0; \quad -12 \cdot 7 - 4 \cdot 3 \cdot 5,5 + R_C \cdot 4 + 8 = 0, \quad R_C = 3,55 \text{ kN.}$$

$$\square M_C = 0; \quad 8 + R_D \cdot 4 - 12 \cdot 3 - 4 \cdot 3 \cdot 1,5 = 0, \quad R_D = 11,5 \text{ kN.}$$

4. Ae balkasi (2.1.9, ye- rasm):

$$\square Y = 0; \quad 0,4 - R_A = 0, \quad R_A = 0,4 \text{ kN.}$$

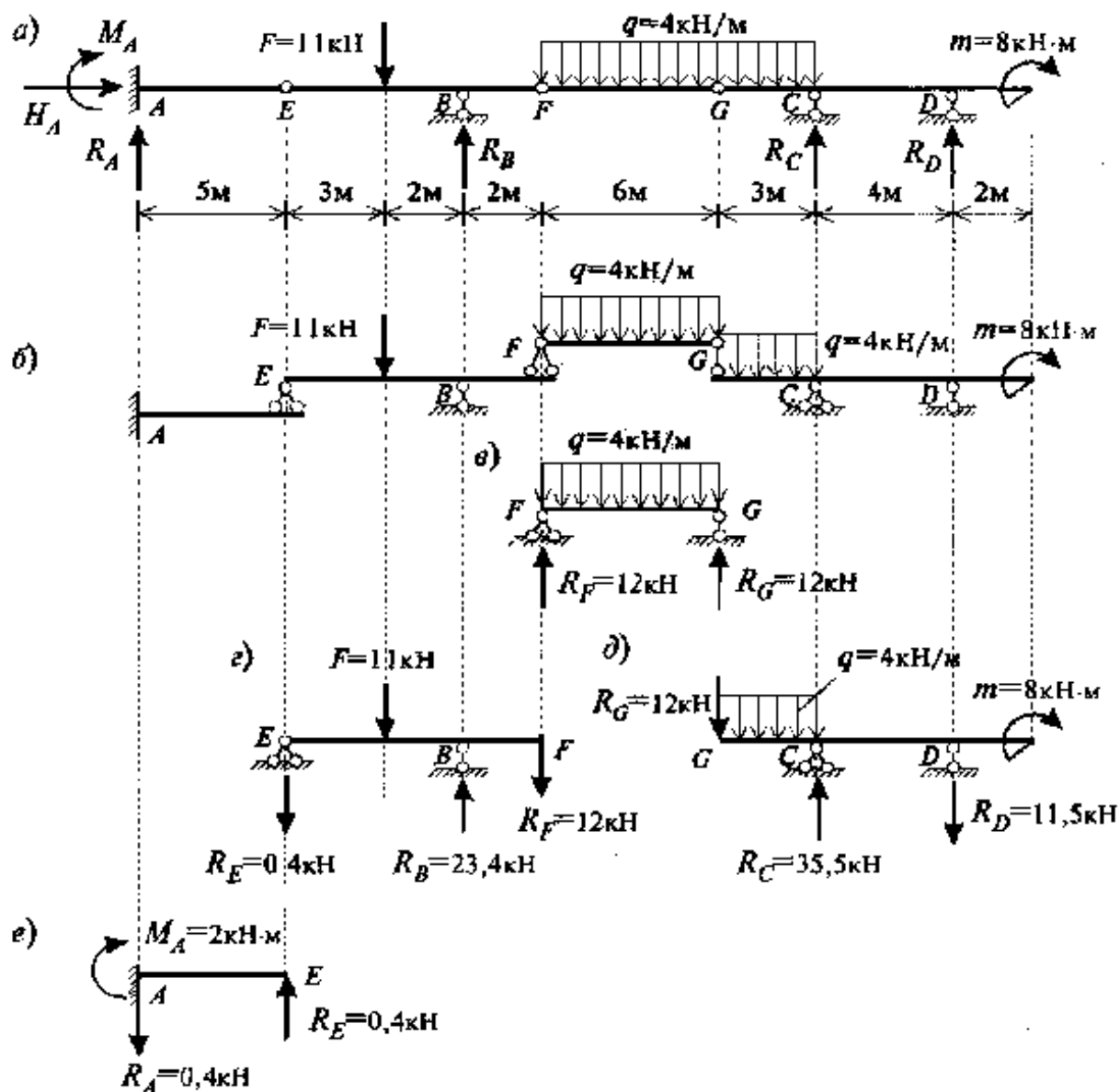
$$\square M_A = 0; \quad M_A - 0,4 \cdot 5 = 0, \quad M_A = 2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

2.1.9, v...e- rasmlarda tayanch reaksiyalarining haqiqiy qiymatlari va tekshirilgandan keyingi yo‘nalishlari ko‘rsatilgan.

$$\text{Javob: } M_A = 2 \text{ kN} \cdot \text{m}; \quad R_A = -0,4 \text{ kN}; \quad R_V = 23,4 \text{ kN}; \quad R_D = -11,5 \text{ kN}$$

Uch sharnirli ramalarda tayanch reaksiyalarini aniqlashga o‘tamiz. O‘zaro sharnir bilan bog‘langan va yerga (diskka) sharnirli qo‘zg‘almas tayanchlar bilan mahkamlangan ikki diskdan tuzilgan sistemaga *uch sharnirli rama* deyiladi. Tayanchlar bir hil yoki har hil chiziqli joylashishi mumkin. Qurilish tuzilmalarida qo‘llaniladigan uch sharnirli ramalar odatda, hovonli sistemalar bo‘ladi. Gorizontaal bosim pastda yotgan tuzilmaga uzatilmasligi uchun sharnirli ramalarga torqich kiritiladi, sharnirli -qo‘zg‘almas tayanchlarning biri sharnirli-qo‘zg‘aluvchi qilib almashtiriladi (bitta gorizontaal tayanch sterjeni olib tashlanadi).

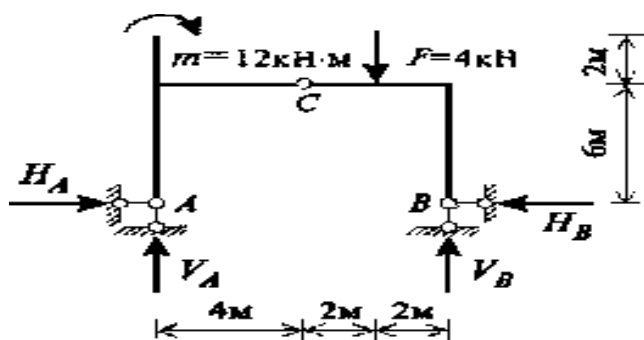
To‘rtta tayanch reaksiyalarini aniqlash uchun uchta ma‘lum muvozanat tenglamalari yoziladi, to‘rtinchi tenglama esa oraliq sharnirining chap yoki o‘ng tomonida joylashgan barcha kuchlardan shu sharnirga nisbatan eguvchi momentlarning nolga tenglik shartidan tuziladi.



2.1.9-rasm

STATIK ANIQ FERMALAR. FERMALAR TO'G' RISIDA TUSHUNCHA VA ULARNING TUR-LARI. FERMALARNI ANALITIK USULDA HISOBLASH. FERMA STERJENLARIDAGI ZO'RIQISH-LARNING TA'SIR CHIZIQLARI-LARIN QURISH. SHPRENGELLI FERMALAR.

UCH SHARNIRLI ARKALARNING MAQBUL O‘QI. UCH SHARNIRLI ARKALARNI QO‘ZG‘ALUVCHAN YUK TA‘SIRIGA HISOBLASH
2.8- misol. Uch sharnirli ramada tayanch reaksiyalari aniqlansin (2.1.10- rasm).



N_A va N_V gorizontall reaksiyalari qiymati bo‘yicha teng va qarama-qarshi yo‘nalgan bo‘lishi kerak. Bu quyidagi shartdan kelib chiqadi.

$$\square X = 0; N_A - N_V = 0, N_A = N_V$$

Vertikal reaksiyalarni topish uchun, tayanch sharnirlariga nisbatan hamma kuchlardan momentlar yig‘indisini nolga tenglaymiz.

$$\square M_A = 0; -V_V \cdot 8 + 4 \cdot 6 + 12 = 0, V_V = 4.5 \text{ kN.}$$

$$\square M_V = 0; V_A \cdot 8 + 12 - 4 \cdot 2 = 0, V_A = -0.5 \text{ kN.}$$

Tekshirish: $\square Y = 0; -0.5 - 4 + 4.5 = -4.5 + 4.5 = 0.$

N_A reaksiyasini, S sharnirdan chapda joylashgan barcha kuchlarning sharnirga nisbatan eguvchi momentlarini nolga tengligi shartidan topamiz.

$$\square M^{\text{chap}}_C = 0; -0.5 \cdot 6 - N_A \cdot 6 + 12 = 0, N_A = 1.667 \text{ kN.}$$

$N_A = N_V$ tengligini bajarilishini tekshirish uchun S sharniridan o‘ngdagi barcha kuchlardan eguvchi moment ifodasini tuzamiz va uni nolga tenglaymiz.

$$\square M^{\text{yng}}_C = 0; -4.5 \cdot 4 + N_V \cdot 6 + 4 \cdot 2 = 0, N_V = 1.667 \text{ kN.}$$

Javob: $V_A = -0.5 \text{ kN}; N_A = 1.667 \text{ kN}; V_V = 4.5 \text{ kN}; N_V = -1.667 \text{ kN}$

2.9- misol. Ramaning tayanch reaksiyalari topilsin (2.1.12- rasm).

$\square M^{\text{chap}}_C = 0$ shartidan darhol V_A vertikal reaksiyasini topish mumkin; $V_A \cdot 4 - 2 \cdot 2 \cdot 3 = 0, V_A = 3 \text{ kN}$. Shundan keyin $\square Y = 0$ shartidan V_B reaksiyasini aniqlaymiz: $3 - 2 \cdot 2 - 4 \cdot 3 + V_B = 0, V_B = 13 \text{ kN}$. Qolgan reaksiyalarni quyidagi tenglamalardan topamiz:

$$\square M_V = 0; 3 \cdot 7 + N_A \cdot 4 - 2 \cdot 2 \cdot 6 - 4 \cdot 3 \cdot 1.5 = 0, N_A = 5.25 \text{ kN.}$$

$$\square M^{\text{yng}}_C = 0; -13 \cdot 3 + N_V \cdot 4 + 4 \cdot 3 \cdot 1.5 = 0, N_V = 5.25 \text{ kN.}$$

Tekshirish: $\square X = 0; -5.25 + 5.25 = 0.$

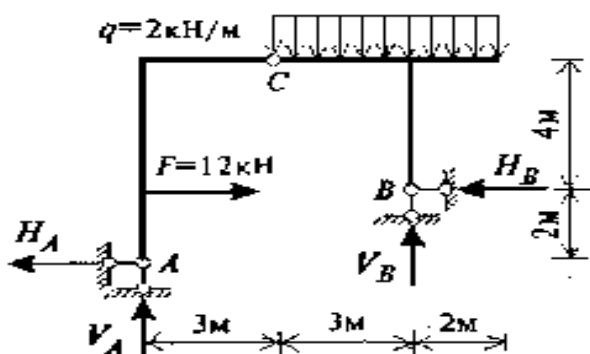
$$\square M_A = 0; -13 \cdot 7 + 5.25 \cdot 4 + 4 \cdot 3 \cdot 5.5 + 2 \cdot 2 \cdot 1 = 0.$$

- 91 + 91 = 0.

Javob: $V_A = 3 \text{ kN}; N_A = -5.25 \text{ kN};$

$$V_B = 13 \text{ kN}; N_V = 5.25 \text{ kN}.$$

2.10- misol. Ramaning tayanch reaksiyalari aniqlansin (2.1.12-rasm).



2.1.12-rasm

Tayanchlari har hil balandlikda bo'lgan berilgan ramaning o'ziga xos xususiyati shundan iboratki, uning birorta ham reaksiyasini bitta muvozanat tenglamasidan topish mumkin emas. Bu holda ikki noma'lumli tenglamalar sistemasini yozib, hisoblash kerak.

$$\begin{cases} V_A \cdot 6 + H_A \cdot 2 - 2 \cdot 5 \cdot 0.5 = 0; \\ V_A \cdot 3 + H_A \cdot 6 - 12 \cdot 4 = 0. \end{cases}$$

$$\square M_V = 0;$$

$$\square M_C^{\text{yan}} = 0;$$

Sistemaning yechimidan:

$$V_A = -2.2 \text{ kN}; N_A = 9.1 \text{ kN}.$$

Qolgan reaksiyalarni bunday topamiz:

$$\square X = 0; -9.1 + 12 - N_V = 0, N_V = 2.9 \text{ kN}$$

$$\square Y = 0; -2.2 - 2 \cdot 5 + V_V = 0, V_B = 12.2 \text{ kN}$$

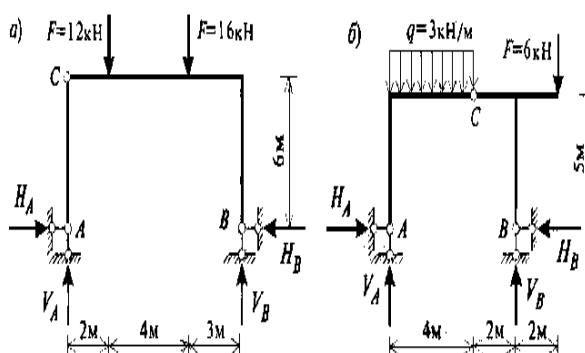
$$\text{Tekshirish: } \square M_C^{\text{yng}} = 0;$$

$$2.9 \cdot 4 - 12.2 \cdot 3 + 2 \cdot 5 \cdot 2.5 = 36.6 - 36.6 = 0.$$

$$\text{Javob: } V_A = -2.2 \text{ kN}; N_A = -9.1 \text{ kN}; V_V = 12.2 \text{ kN}; N_V = -2.9 \text{ kN}.$$

2.11-misol. Ramaning tayanch reaksiyalari aniqlansin (2.1.13,a,b rasm)

2.1.13,a- rasmda ko'rsatilgan rama uchun tayanch reaksiyalarini aniqlaymiz.



2.1.13- rasm

$$\square M_C^{\text{чан}} = 0; \quad -N_A \cdot 6 + V_A \cdot 0 = 0, \quad N_A = 0.$$

$$\square X = 0; \quad N_A - N_A = 0, \quad N_V = N_A = 0$$

$$\square M_A = 0; \quad -V_V \cdot 9 + 16 \cdot 6 + 12 \cdot 2 = 0, \quad V_V = 13,333 \text{ kN}.$$

$$\square M_V = 0; \quad V_A \cdot 9 - 12 \cdot 7 - 16 \cdot 3 = 0, \quad V_A = 14,667 \text{ kN}.$$

Tekshirish: $\square Y = 0; \quad 14,667 - 12 - 16 + 13,333 = 28 - 28 = 0.$

Javob: $V_A = 14,667 \text{ kN}; \quad N_A = 0; \quad V_V = 13,333 \text{ kN}; \quad N_V = 0.$

Shunga o'xshash, 2.1.13, b- rasmda tasvirlangan rama uchun reaksiylarni topamiz.

$$\square M_A = 0; \quad -V_V \cdot 6 + 6 \cdot 8 + 3 \cdot 4 \cdot 2 = 0, \quad V_V = 12 \text{ kN}.$$

$$\square M_C^{\text{унг}} = 0; \quad -12 \cdot 2 + 6 \cdot 4 + N_V \cdot 5 = 0, \quad N_V = 0.$$

$$\square M_V = 0; \quad -V_A \cdot 6 - 3 \cdot 4 \cdot 4 - 6 \cdot 2 = 0, \quad V_A = 6 \text{ kN}.$$

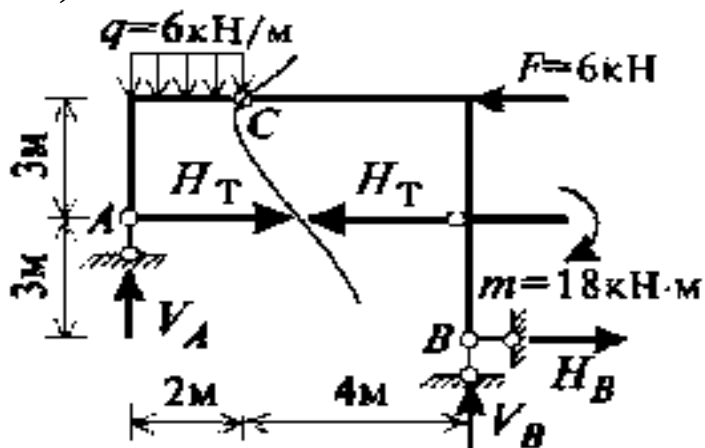
$$\square M_C^{\text{чан}} = 0; \quad 6 \cdot 4 - 3 \cdot 4 \cdot 2 - N_A \cdot 5 = 0, \quad N_A = 0.$$

Tekshirish: $\square Y = 0; \quad 6 - 3 \cdot 4 - 6 + 12 = 18 - 18 = 0.$

Javob: $V_A = 6 \text{ kN}; \quad N_A = 0; \quad V_V = 12 \text{ kN}; \quad N_V = 0.$

2.1.13- rasmda keltirilgan ikkala uch sharnirli arkalar berilgan yuklanishlarda hovonsiz bo'ladi.

2.12- **misol.** Tayanch reaksiylari va tortqichdagi zo'riqish topilsin (2.1.14- rasm).



Tayanch reaksiylari xuddi oddiy ramalardagidek topiladi.

$$\square X = 0; \quad -6 + N_V = 0; \quad N_V = 6 \text{ kN}.$$

$$\square M_V = 0; \quad V_A \cdot 6 - 6 \cdot 2 \cdot 5 - 6 \cdot 6 + 18 = 0;$$

$$V_A = 13 \text{ kN}.$$

$$\square M_A = 0; \quad -V_V \cdot 6 - 6 \cdot 3 + 18 - 6 \cdot 3 + 6 \cdot 2 \cdot 1 = 0;$$

$$V_V = -1 \text{ kN}.$$

Tortqichdagi zo'riqishni aniqlash uchun tortqichni kesuvchi va S sharniri orqali o'tuvchi qirgim o'tkazamiz. So'ngra S sharniridan chapdagi yoki o'ngdagi barcha kuchlarning eguvchi momentlari ifodasini tuzib nolga tenglaymiz.

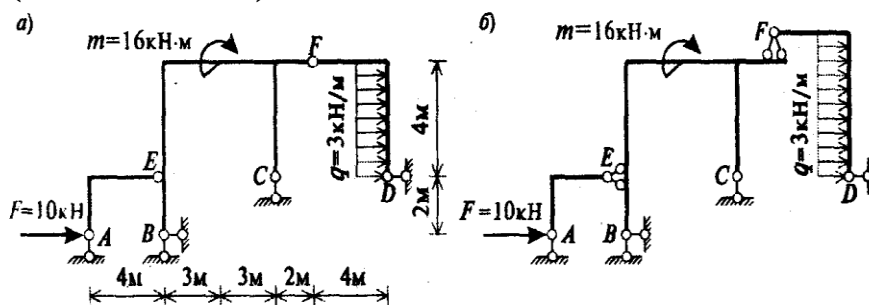
$$\square M_C^{\text{yan}} = 0; \quad 13 \cdot 2 - 6 \cdot 2 \cdot 1 - N_T \cdot 3 = 0, \quad N_T = 4,667 \text{ kN}.$$

$$\text{Tekshirish: } \square Y = 0; \quad 13 - 6 \cdot 2 - 1 = 13 - 13 = 0.$$

$$\square M_C^{\text{yng}} = 0; \quad 1 \cdot 4 - 6 \cdot 6 + 18 + 4,667 \cdot 3 = -36 + 36 = 0.$$

Javob: $V_A = 13 \text{ kN}$; $V_V = -1 \text{ kN}$; $N_V = 6 \text{ kN}$; $N_T = 4,667 \text{ kN}$.

2.13-misol. Uch oraliqli (uchprolyotli) ramaning tayanch reaksiyalari topilsin (2.1.15, a - rasm).

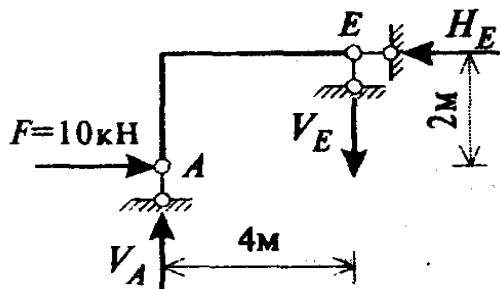


2.1.15-rasm

Bunday ramaning hisobini uning qavatlar sxemasi yordamida bajarish qulay bo'ladi. Agar uning tarkibidan shartli zarur sharnirlar olib tashlansa, xuddi ko'p oraliqli balkalardagi kabi, uning tarkibiga asosiy va yordamchi qismlar kiradi.

Asosiy qism sifatida: oddiy balkalar va siniq o'qli balkalar hamda oddiy, tortqichli va tortqichsiz uch sharnirli ramalar qabul qilinishi mumkin. 2.1.15, b-rasmda ramaning qavatlar sxemasi keltirilgan.

Shunday qilib, ko'p oraliqli (ko'p qavatli) murakkab ramalarning hisobi, uni tashkil etuvchi ancha oddiy elementlarning hisobiga keltiriladi. Ramaning hisobidagi ketma-ketlik, xuddi ko'p oraliqli sharnir-konsolli balkalardagidek qoladi. Berilgan misolda, ikkita yordamchi AE va FD ramalar E va F nuqtalarda VSF asosiy oddiy ramaga tayanadi. Har bir ramaning hisobini alohida bajaramiz.



2.1.16-rasm

1. Rama Ae (2.1.16- rasm).

$$\square X = 0; \quad 10 - N_{ye} = 0, \quad N_{ye} = 10 \text{ kN}.$$

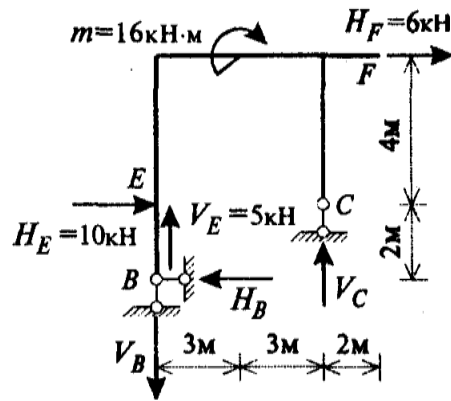
$$\square M_{ye} = 0; \quad V_A \cdot 4 - 10 \cdot 2 = 0, \quad V_A = 5 \text{ kN}.$$

$$\square M_A = 0; \quad V_{ye} \cdot 4 - 10 \cdot 2 = 0, \quad V_{ye} = 5 \text{ kN}.$$

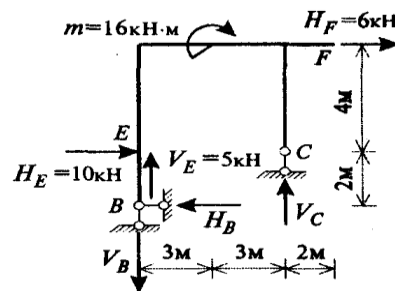
2. Rama FD (2.1.17- rasm).

$$\square Y = 0; \quad V_F = 0.$$

$$\square M_F = 0; \quad N_D \cdot 4 - 3 \cdot 4 \cdot 2 = 0, \quad N_D = 6 \text{ kN}.$$



2.1.17-rasm



1.18-rasm

$$\square M_D = 0; \quad -N_F \cdot 4 + 3 \cdot 4 \cdot 2 = 0, \quad N_F = 6 \text{ kN}.$$

3. Rama VSF (2.1.18- rasm).

$$\square X = 0; \quad 6 + 10 - N_V = 0, \quad N_V = 16 \text{ kN}.$$

$$\square M_V = 0; \quad -V_C \cdot 6 + 6 \cdot 6 + 16 + 10 \cdot 2 = 0, \quad V_C = 12 \text{ kN}.$$

$$\square M_S = 0; \quad -V_V \cdot 6 + 5 \cdot 6 + 10 \cdot 2 + 16 + 6 \cdot 6 = 0, \quad V_V = 17 \text{ kN}.$$

$$\text{Tekshirish: } \square Y = 0; \quad -17 + 5 + 12 = -17 + 17 = 0.$$

Javob: $V_A = 5 \text{ kN}$; $V_V = -17 \text{ kN}$; $N_V = -16 \text{ kN}$; $V_S = 12 \text{ kN}$; $N_D = -6 \text{ kN}$.

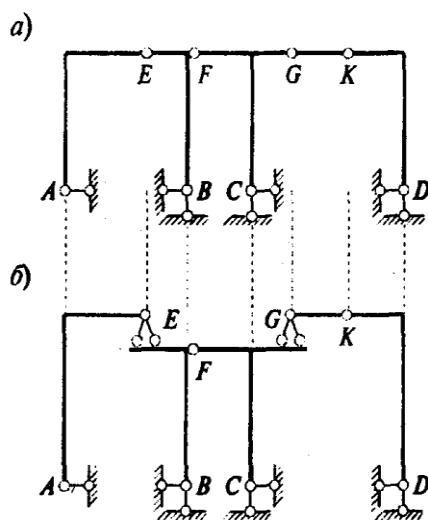
2.14- misol. Ramaning qavatlar sxemasi tuzilsin (2.1.19, a- rasm).

Qavatlar sxemasi 2.119, b- rasmda keltirilgan.

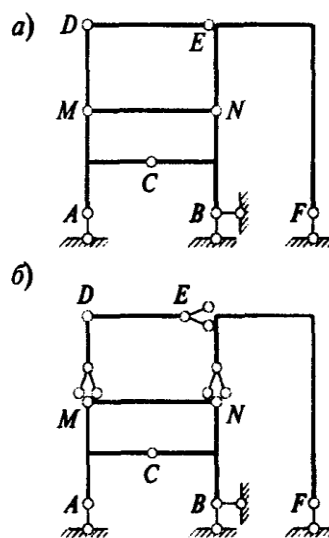
Ae oddiy rama va GKD uch sharnirli ramalar yeFGCB asosiy uch sharnirli ramaga tayangan. Dastlab yuqorigi Ae va GKD ramalari hisoblanadi. So'ngra EFGSV asosiy ramasi, yuqoridagi ramalarning tayanch bosimlarini hisobga olgan holda hisoblanadi.

2.15- misol. 2.1.20, a- rasmda ko'rsatilgan ramaning qavatlashgan sxemasi tuzilsin. Qavatlar sxemasi 2.1.20, b- rasmda ko'rsatilgan. Tortqichli AMNVS uch sharnirli rama asosiy qism bo'ladi. Unga NEF oddiy rama tayanadi. Nihoyat, AMNVS va NEF ramalariga uch sharnirli MDe rama tayanadi. Hisoblash MDe ramasidan boshlanadi, so'ngra NEF ramasining

hisobiga o'tiladi. Undan so'ng AMNVS ramasi hisoblanadi.



2.1.19-rasm



2.1.20-rasm

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. Keselov. G.K. "Qurilish mexanikasi". M.: Stroyizdat. 1996g.
2. Odilxujayev A, Gulomov T. "Qurilish mexanikasi fanidan masala va misollar to'plama". T.: O'qituvchi. 2003y.
3. Shirinqulov T.Sh. : "Qurilish mexanikasi". T.: Fan. 2001 y.
4. Abdurashidov Q.S. va boshqalar. "Qurilish mexanikasi". T.: Fan. 2005 y.
5. Alta Vista [http:// www. altavista. com/](http://www.altavista.com/)
6. Fast Search [http:// www. altheweb. com/](http://www.altheweb.com/)
7. Go To [http:// goto. com/](http://goto.com/)
8. Google [http:// www. google. com/](http://www.google.com/).
9. www.search.re.uz - O'zbekistonning axborotlarni izlab topish tizimi.
10. www.ictcouncil.gov.uz- Kompyuterlashtirishni rivojlantirish buyicha Vazirlar Maxkamasi muvofiq lashtiruvchi Kengashining sayti.
11. www.ecsoman.edu.ru - Rossiya Federatsiya oliy o'quv yurtlarida o'qitilayotgan fanlar bo'yicha o'quv-uslubiy komplekslar.
12. www.uzapi.gov.uz - O'zbekiston matbuot va axborot agentligi

