

“O‘zbekiston temir yo‘llari” DATK
Toshkent temir yo‘l muhandislari instituti

«Nashrga ruxsat etaman»
O‘quv ishlari bo‘yicha prorektor
dotsent _____ M.X. Rasulov
“_____” _____2012y.

A. Abdusattarov, A. Xaydarov, A. Matkarimov

**KO‘P PROLYOTLI SHARNIRLI STATIK ANIQ
BALKALARNI QO‘ZG‘ALMAS VA HARAKATLANUVCHI
TA‘SIRGA HISOBLASH**

- 5340200 – Bino va inshootlar qurilishi,
- 5340200 – Bino va inshootlar qurilishi (temir yo‘l ttransportida),
- 5340600 – Transport inshootlaridan foydalanish,
- 5340400 – Muhandislik kommunikatsiyalari qurilishi,
- 5111000 – Kasb ta‘limi (bino va inshootlar qurilishi),
ta'lim yo'nalishlaridagi 3-bosqich bakalavriat talabalarining
amaliy mashg'ulotlarni bajarishga doir uslubiy ko'rsatma

Toshkent – 2012

“O‘zbekiston temir yo‘llari” DATK
Toshkent temir yo‘l muhandislari instituti

**KO‘P PROLYOTLI SHARNIRLI STATIK ANIQ
BALKALARNI QO‘ZG‘ALMAS VA HARAKATLANUVCHI
TA‘SIRGA HISOBLASH**

- 5340200 – Bino va inshootlar qurilishi,
- 5340200 – Bino va inshootlar qurilishi (temir yo‘l ttransportida),
- 5340600 – Transport inshootlaridan foydalanish,
- 5340400 – Muhandislik kommunikatsiyalari qurilishi,
- 5111000 – Kasb ta‘limi (bino va inshootlar qurilishi),
ta'lim yo'nalishlaridagi 3-bosqich bakalavriat talabalarining
amaliy mashg'ulotlarni bajarishga doir uslubiy ko'rsatma

UDK 624.04

Ushbu uslubiy ko'rsatma qurilish mexanikasi fani bo'yicha Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan tasdiqlangan namunaviy dastur asosida tayyorlangan bo'lib, unda ko'p prolyotli sharnirli statik aniq balkalarni hisoblash bo'yicha amaliy mashg'ulotlarni o'tkazishga doir asosiy tushunchalar va mustaqil ishlarda ko'riladigan misollarning namunasi berilgan. Ko'rsatmada ko'p prolyotli sharnirli statik aniq balkalarni qo'zg'almas yuk ta'siriga hisoblash balkani o'zaro bog'lanish sxemasiga asosan balkalarga ajratish yo'li orqali bajarilgan. Harakatlanuvchi yuk ta'siriga hisoblashda ta'sir chiziqlarini qurish va ularni berilgan qo'zg'almas yuk ta'siriga yuklash misollari ko'rsatilgan.

Uslubiy ko'rsatma qurilish yo'nalishidagi bakalavriat talabalariga mo'ljallangan.

Institut O'quv-uslubiy komissiyasi tomonidan nashrga tavsiya etilgan.

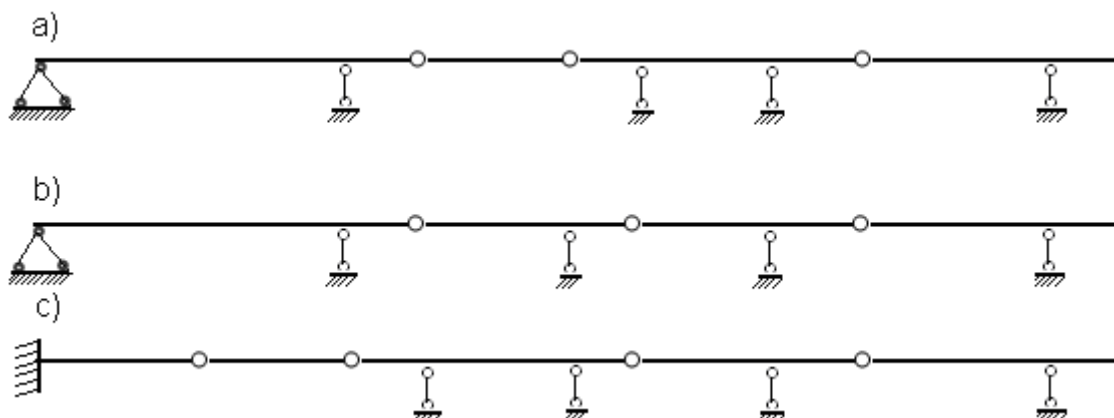
Tuzuvchilar: A. Abdusattarov – t.f.d., prof.;
A. Xaydarov – t.f.n., dots.;
A. Matkarimov – t.f.n., dots.

Taqrizchilar: M.M. Mirsaidov – t.f.dok., prof. (TIMI);
M. Rasulmammedov –f-m.f.n, dots.

**KO'P PROLYOTLI SHARNIRLI STATIK ANIQ
BALKALARNI QO'ZG'ALMAS VA HARAKATLANUVCHI
TA'SIRGA HISOBLASH**

Kirish

Bir necha oddiy balkalarni bir-biriga sharnirlar yordamida tutashtirib, ko'p prolyotli statik aniq va geometrik o'zgarmas tizim hosil qilish mumkin. Bunday balkalar ko'p prolyotli sharnirli statik aniq balkalar deyiladi. Qurilish amaliyotida asosan 1.a, b, c-shaklda ko'rsatilgan balkalar ko'p uchraydi.



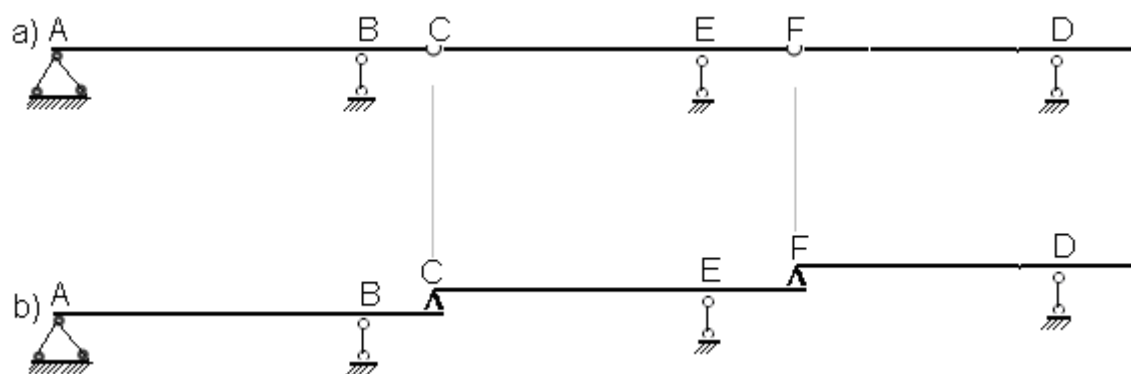
1-shakl

Ko'p prolyotli statik aniq balkalarni hisoblash nazariyasi muhandis G. Semikolenov tomonidan 1871 yilda tavsiya etilgan. Ko'p prolyotli balka statik aniq tizim hisoblanadi, chunki muvozanat tenglamalaridan tashqari unda qancha oraliq sharnirlar bo'lsa, shuncha qo'shimcha tenglamalar tuzish mumkin. Bu tenglamalar oraliq sharniri markazidan o'ng yoki chap tomonda qo'yilgan hamma kuchlarning momentlar yig'indisi nolga tenglik shartiga asosan tuziladi.

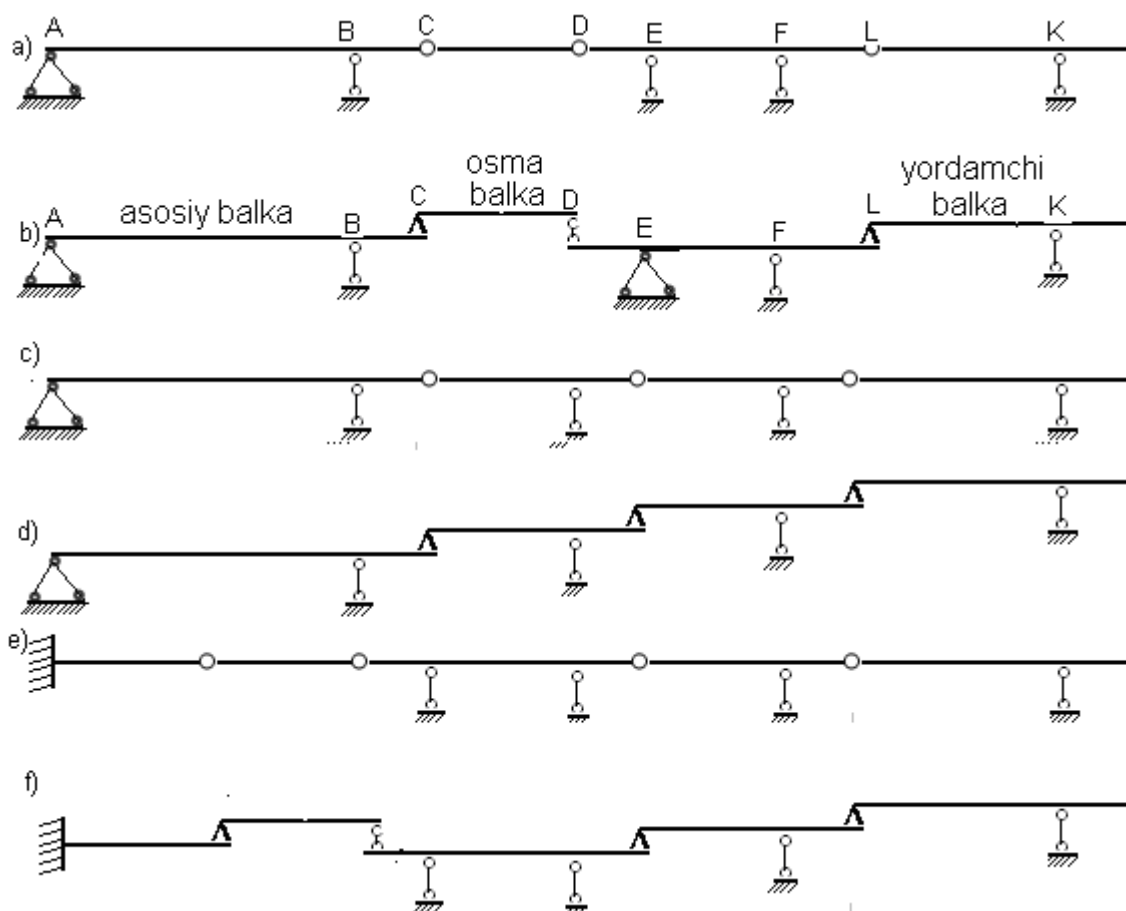
Ko'p prolyotli statik aniq balkalarning geometrik o'zgarmas ekanligini bilish hamda ishini tekshirish uchun uning elementlarining o'zaro bog'lanishi va ta'sirini ifodalovchi sxema chizish kerak. Masalan, 2.a-shaklda ko'rsatilgan balka elementlarining o'zaro bog'lanish sxemasi 2.b-shaklda ifodalangan. Undagi ABC konsolli balka fundament bilan bir-biriga parallel bo'lmagan va bir nuqtada kesishmagan uchta tayanch sterjen yordamida bog'langanligi sababli geometrik o'zgarmasdir. Balka CEF fundament bilan bitta tayanch sterjen va geometrik o'zgarmas ABC balka bilan sharnir vositasida bog'langanligi sababli bu element ham geometrik o'zgarmasdir. Shunga o'xshash FD balka ham geometrik o'zgarmas.

ABC balka asosiy balka deyiladi. Asosiy balkaga sharnir yordamida tayangan CEF va FD balkalar yordamchi balkalar deyiladi. 3-shaklda turli

tipdagi ko'p prolyotli balka elementlarining o'zaro bog'lanish sxemalari ko'rsatilgan.



2-shakl



3-shakl

3.a-shaklda ko'rsatilgan birinchi tip ko'p prolyotli balka konsolli asosiy balkalar va ularning uchiga tayangan osma va yordamchi balkalardan iborat. Bu tipdagi balkaning sharnirsiz prolyotidan keyingi prolyotida ikkita sharnir joylashgan bo'ladi. Bu yerda ABC va DEFL elementlar

asosiy balkalar, CD-osma va LK esa yordamchi balkalar bo'ladi. Ikkinchi ko'p prolyotli balka bir-biriga sharnir yordamida tayangan konsolli balkalardan iborat. Bu tip balkaning birinchi prolyoti sharnirsiz, qolgan hamma prolyotlarida esa bittadan sharnir bo'ladi (3.c, d-shakllar).

Uchinchi ko'p prolyotli balka elementlarining o'zaro bog'lanishi va ta'sir etish sxemasi 3.e, f-shaklda ko'rsatilgan.

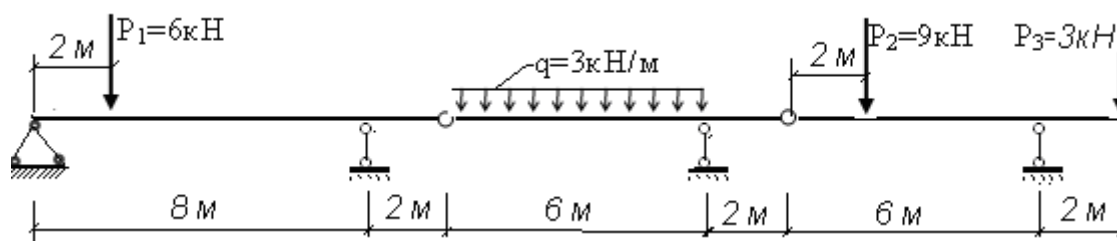
1. Qo'zg'almas yuk ta'siridagi ko'p prolyotli statik aniq balkalarni hisoblash

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 sxemasini chizib, asosiy, yordamchi va osma balkalar belgilab olinadi. Eguvchi moment va ko'ndalang kuch epyuralarini qurish esa, osma balkalardan boshlanadi, aks holda hisob o'zaro bog'lanish sxemasida eng yuqori joylashgan yordamchi balka uchun epyuralar quriladi. Keyingi yordamchi yoki asosiy balka uchun eguvchi moment va ko'ndalang kuch epyuralarini qurishda unga qo'yilgan tashqi yuklar ta'sirida uning uchlariga tayangan osma (yordamchi) balkalarning tayanch reaksiyalari ham hisobga olinadi.

Ko'p prolyotli statik balkani tashkil qiluvchilar— asosiy, yordamchi va osma balkalarning eguvchi moment va ko'ndalang kuch epyuralari chizilgandan so'ng ular bir koordinatalar sistemasiga keltirilib, berilgan balkaning $M(z)$ va $Q(z)$ epyuralari olinadi.

Tashqi yuk ta'sirida bo'lgan ko'p prolyotli sharnirli balkalarni hisoblash usuli quyidagi misolda ko'riladi.

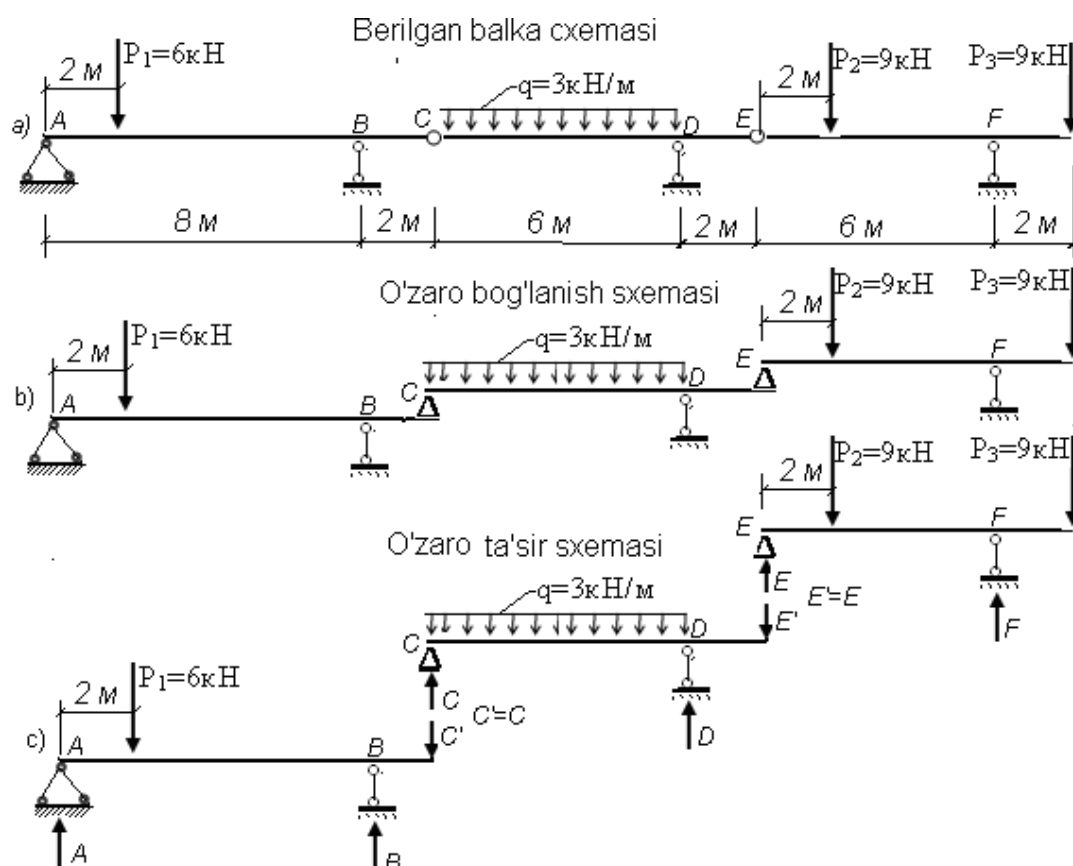
1-misol. 4-shaklda ifodalangan sharnirli balka uchun eguvchi moment va ko'ndalang kuch epyuralari qurilsin.



4-shakl

Balka elementlarining o'zaro bog'lanish sxemasi 5.b-shaklda ko'rsatilgan. Elementlarni bir-biriga ta'sir etish sxemasi 5.c-shaklda berilgan.

Qo'zg'almas yuk ta'siridagi ko'p prolyotli statik aniq balkalar quyidagi bajariladigan ishlar tartibi bo'yicha hisoblanadi:



5-shakl

1. Berilgan balka sxemasining kinematik tahlilini bajarish.
2. Berilgan balkaning o'zaro bog'lanish va bir-biriga ta'sir etish sxemalarini ko'rsatish.
3. Qo'zg'almas yuk ta'siridan ko'ndalang kuch va eguvchi moment epyuralarini qurish.

Balka sxemasining kinematik tahlilini bajarish uning erkinlik darajasini aniqlashdan boshlanadi. Inshootning erkinlik darajasi (**W**) P.A. Chebishev formulasi yordamida aniqlanadi:

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

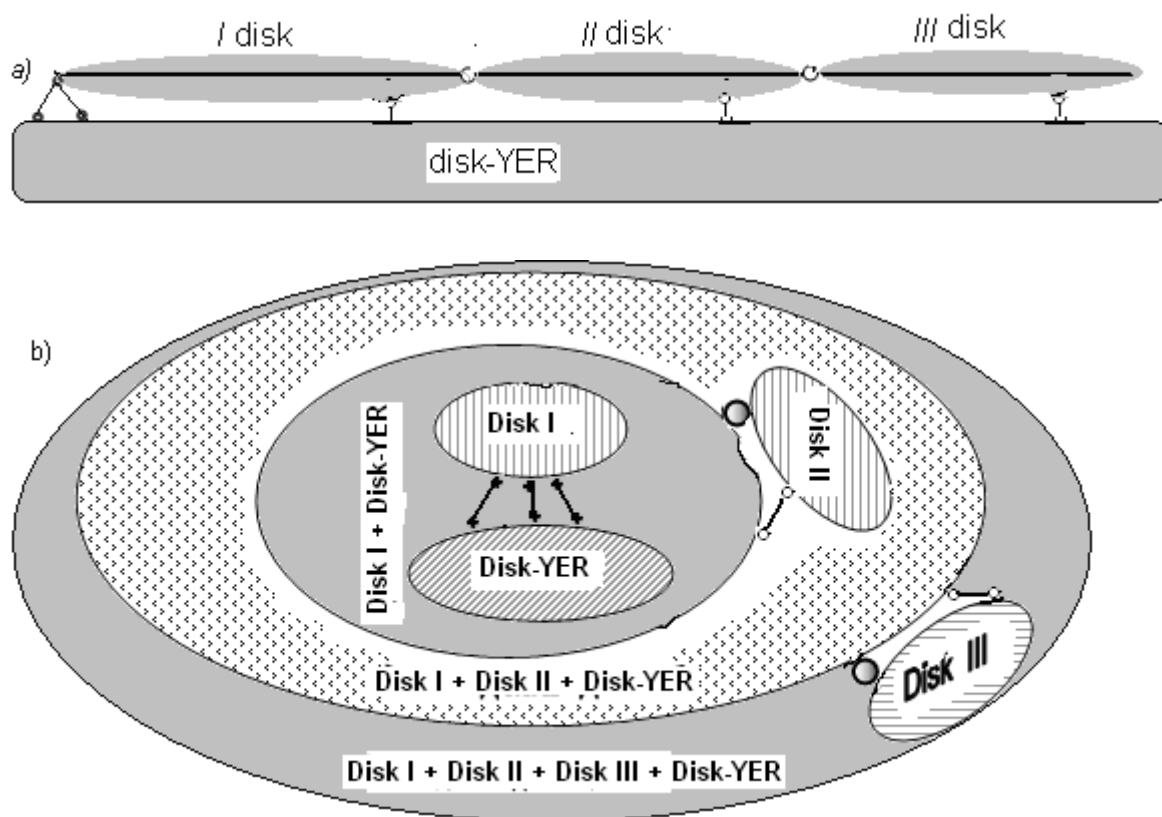
D — disklar soni;

Sh — oddiy sharnirlar soni;

S_T — tayanch sterjenlar soni.

Berilgan balka uchta bir biri bilan tutashtirilgan disklardan iborat (6.a-shakl). Oddiy sharnirlar soni $Sh = 2$ va tayanch sterjenlar soni $S_T = 5$ ga tengdir. $W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 2 - 5 = 0$. $W = 0$ demak, berilgan tizim statik aniq tizimdir. Endi balkaning geometrik tuzilishi ko'rib chiqiladi: balkaning

sxemasi geometrik o'zgaras tizim bo'lishi kerak. Buning uchun disklarning bir-biriga bog'lanishini tahlil qilib ko'riladi.



6-shakl

Izoh: disk I va disk – YER qo'shilishi natijasida (3 ta bir-biriga parallel bo'lmagan sterjenlar yordamida) yangi (disk I + disk – YER) disk hosil qildi. Yangi diskka bir sharnir va sterjen yordamida disk II qo'shib, (disk I + disk II + disk – YER) disk hosil qilindi. Oxirgi diskka bir sharnir va sterjen yordamida yangi (disk I + disk II + disk III + disk – YER) disk hosil bo'ldi.

Xulosa. Berilgan balka sxemasi diskni tashkil qiladi, demak u kinematik o'zgaras tizimdir va uni inshootning hisoblash sxemasi sifatida ishlatish mumkin.

Berilgan balkaning hisoblash sxemasi geometrik o'zgaras ekanligiga ishonch hosil qilingandan keyin uning elementlarini birin-ketin balka sifatida ko'rib, hisoblashga o'tiladi. Birinchi navbatda o'zaro bog'lanish sxemasida (5.b-shakl) eng yuqorida joylashgan yordamchi EF-balkadan hisob boshlanadi.

EF-balkani hisoblash. Balka sxemasi 7.a-shaklda ko'rsatilgan.
Tayanch reaksiyalarni aniqlash.

$$\sum M_E = 0; P_2 \cdot 2 + P_3 \cdot 8 - F \cdot 6 = 0 \text{ dan } F = 7 \text{ kH};$$

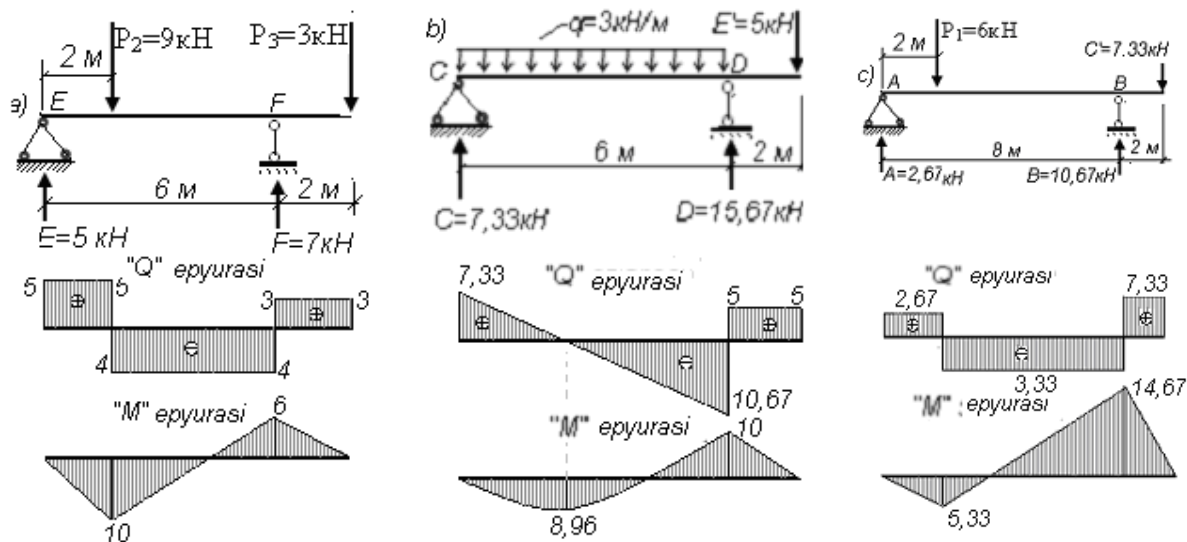
$$\sum M_F = 0; -P_2 \cdot 4 + P_3 \cdot 2 + E \cdot 6 = 0 \text{ dan } E = 5 \text{ kH}.$$

Ichki kuchlar tenglamalarini tuzish.

$$0 \leq z_1 \leq 2\text{M}; \quad Q_I(z_1) = E; \quad M_I(z_1) = E \cdot z_1;$$

$$2\text{M} \leq z_2 \leq 6\text{M}; \quad Q_{II}(z_2) = E - P_2; \quad M_{II}(z_2) = E \cdot z_2 - P(z_2 - 2);$$

$$0 \leq z_3 \leq 2\text{M}; \quad Q_{III}(z_3) = P_3; \quad M_{III}(z_3) = P_3 \cdot z_3;$$



7-shakl

CD-balkani hisoblash. Balka sxemasi 7.b-shaklda ko'rsatilgan.

Tayanch reaksiyalarni aniqlash.

$$\sum M_C = 0; \quad q \cdot 6 \cdot 3 + E' \cdot 8 - D \cdot 6 = 0 \text{ dan } D = 15,67 \text{ kH};$$

$$\sum M_D = 0; \quad -q \cdot 6 \cdot 3 + E' \cdot 2 + C \cdot 6 = 0 \text{ dan } C = 7,33 \text{ kH};$$

Ichki kuchlar tenglamalarini tuzish.

$$0 \leq z_1 \leq 6\text{M}; \quad Q_I(z_1) = C - q \cdot z_1; \quad M_I(z_1) = C \cdot z_1 - q \frac{z_1^2}{2};$$

$$0 \leq z_2 \leq 2\text{M}; \quad Q_{II}(z_2) = E'; \quad M_{II}(z_2) = -E' \cdot z_2;$$

AB-balkani hisoblash. Balka sxemasi 7.c-shaklda ko'rsatilgan.

Tayanch reaksiyalarni aniqlash.

$$\sum M_A = 0; \quad P_1 \cdot 2 + C' \cdot 10 - B \cdot 8 = 0 \text{ dan } B = 2,67 \text{ kH};$$

$$\sum M_B = 0; \quad C' \cdot 2 - P_1 \cdot 6 + A \cdot 8 = 0 \text{ dan } A = 10,67 \text{ kH};$$

Ichki kuchlar tenglamalarini tuzish.

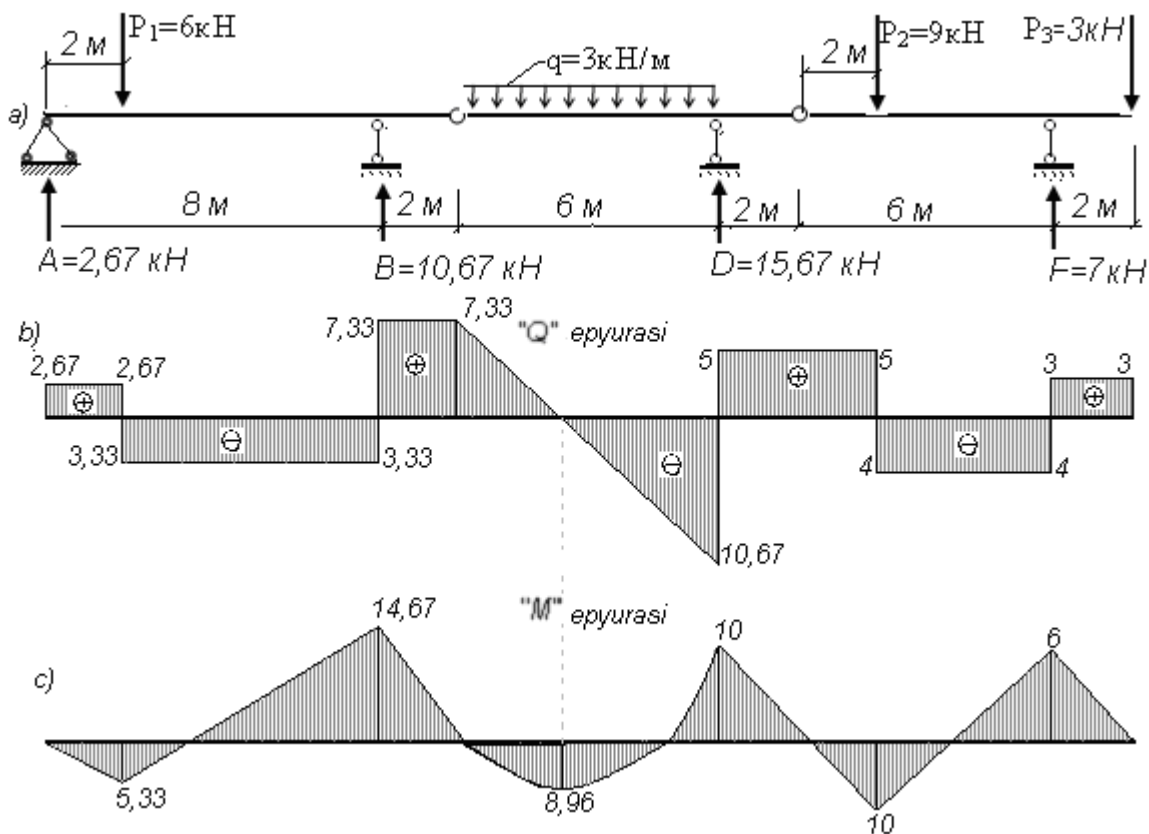
$$0 \leq z_1 \leq 2\text{M}; \quad Q_I(z_1) = A; \quad M_I(z_1) = A \cdot z_1;$$

$$2\text{M} \leq z_2 \leq 8\text{M}; \quad Q_{II}(z_2) = A - P_1; \quad M_{II}(z_2) = A \cdot z_2 - P_1(z_2 - 2);$$

$$0 \leq z_3 \leq 2\text{M}; \quad Q_{III}(z_3) = C'; \quad M_{III}(z_3) = -C' \cdot z_3;$$

Yuqoridagi tenglamalarga asosan hisob-kitob ishlarini bajarib, tegishli ichki kuchlar epyuralari quriladi (7.a, b, c-shakllar).

Har bir balkaga alohida qurilgan epyuralarni berilgan ko'p prolyotli balkaning sxemasi ostida bir hisob chizig'ida bir xil masshtabga keltirib, umumiy epyuralar hosil qilinadi (8-shakl).



8-shakl

Umumiy balka sxemasida ko'rsatilgan tayanch reaksiyalar $\sum y = 0$ sharti bo'yicha tekshirib ko'riladi:

$$\sum y = 0; A+B+D+F-P_1-P_2-P_3-q \cdot 6=0; 2,67+10,67+15,67+7-6-9-3-3 \cdot 6=0; 36-36=0; 0=0.$$

2. Ta'sir matritsalari va ular yordamida ichki kuch epyuralarining ordinatalarini aniqlash

Inshootni loyihalash jarayonida uning hisoblash sxemasini bir nechta yuk variantiga hisoblash kerak. Bunday hollarda ichki kuchlarning ta'sir matritsalarini tuzish va u yordamida epyuralar qurish qulayroq bo'ladi.

Ichki kuchlarning ordinatalarini tashkil etuvchi matritsalar quyidagi matritsali amallar orqali aniqlanadi:

$$\bar{\mathbf{M}} = \bar{\mathbf{L}}_M \times \bar{\mathbf{P}}; \quad \bar{\mathbf{Q}} = \bar{\mathbf{L}}_Q \times \bar{\mathbf{P}};$$

bu yerda: $\bar{\mathbf{M}}$ — eguvchi moment epyurasining ordinatalaridan tashkil qilingan matritsa-vektor;

$\bar{\mathbf{Q}}$ — ko'ndalang kuch epyurasining ordinatalaridan tashkil qilingan matritsa-vektor;

$\bar{\mathbf{L}}_M$ — eguvchi moment ta'sir matritsasi;

$\bar{\mathbf{L}}_Q$ — ko'ndalang kuch ta'sir matritsasi;

$\bar{\mathbf{P}}$ — tashqi yuk matritsa-vektori.

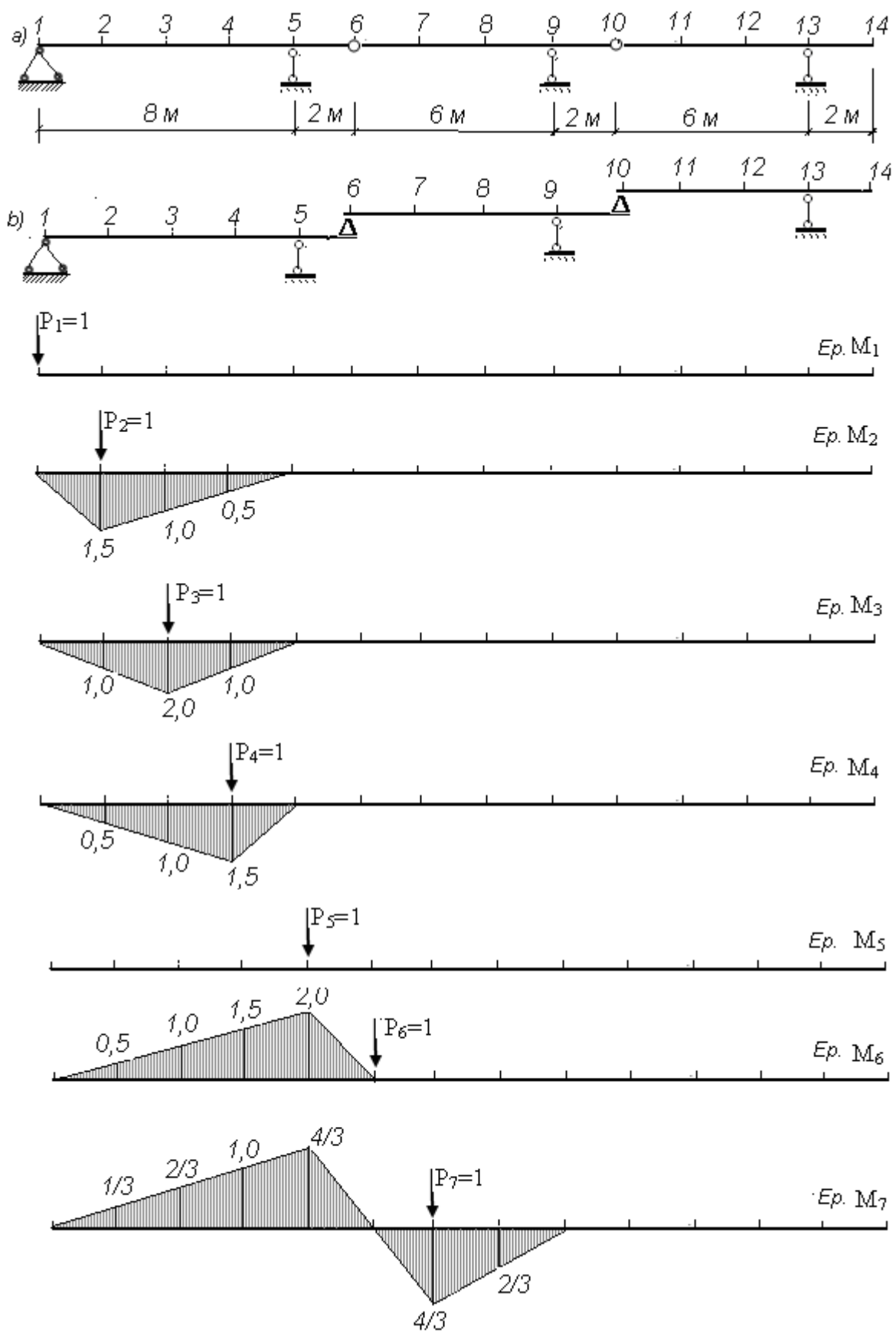
Ichki kuchlar ta'sir matritsalarini hosil qilish uchun balka uzunligi bo'yicha bir nechta kesimlar olinadi. Kesimlar orasidagi masofa bir xil bo'lishi kerak. Kesimlar chapdan o'ngga qarab raqamlanadi va $P=1$ ta'sirni navbati bilan kesimlarga qo'yib, ulardan ichki kuchlar (birlik) epyuralari quriladi. Birlik epyuraning tegishli kesimdagi ordinatalarini olib, ta'sir matritsaga ustun ravishda ko'chirib yoziladi.

Tashqi yuk matritsa-vektorining elementlari balkaga qo'yilgan kuchlarning tegishli kesimdagi miqdoriga teng. Taralgan yuk to'plangan kuch bilan almashtiriladi. Bular misolda ko'rib chiqilsa o'rinli bo'ladi.

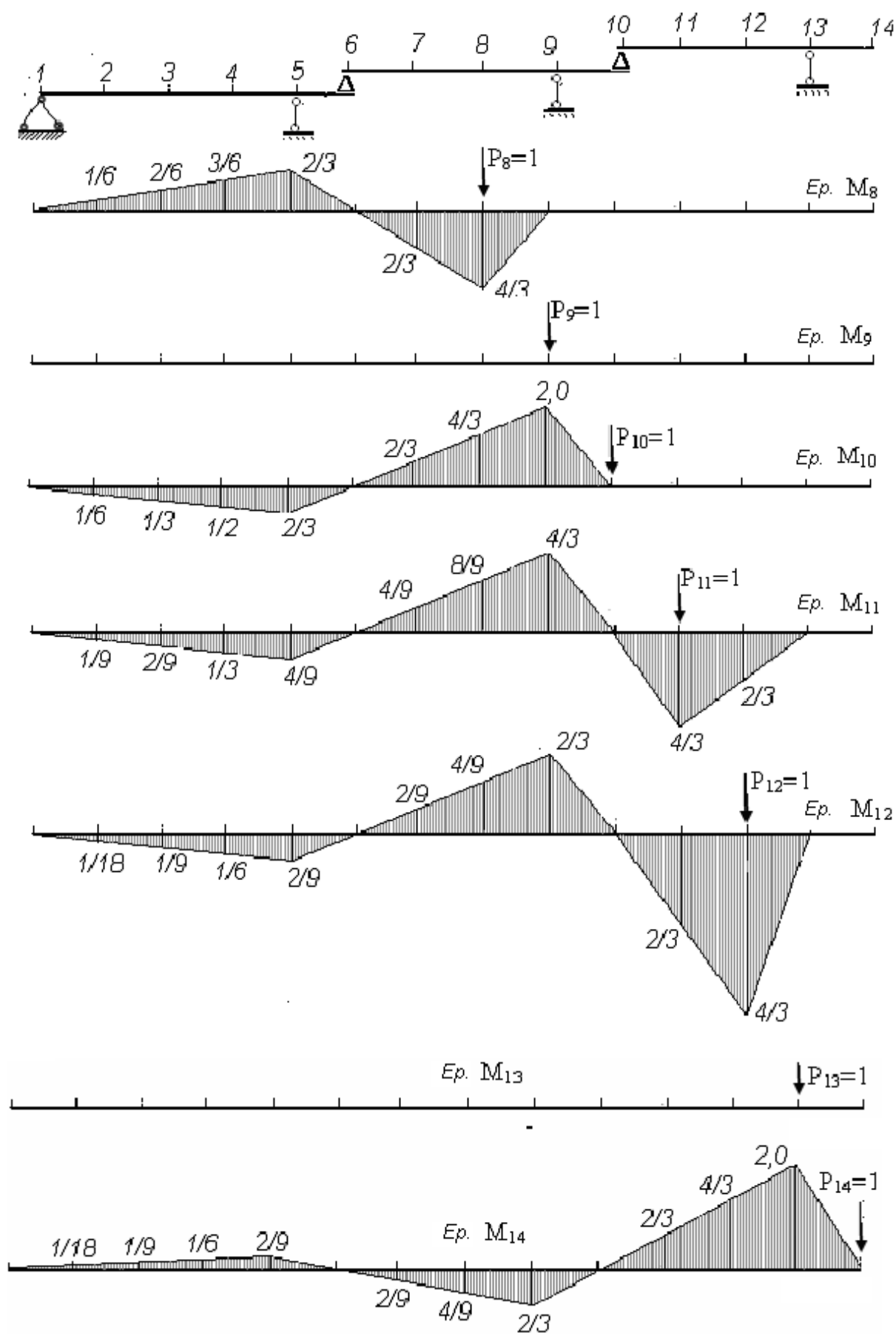
2-misol. 1-misolda ko'rib chiqilgan balka uchun eguvchi moment ta'sir matritsasi hosil qilinsin va uning yordamida eguvchi moment ordinatalari hisoblab chiqilsin (9.a-shakl).

Ta'sir matritsaning elementlarini aniqlash uchun balka uzunligida 14 ta kesim olinadi va navbati bilan shu kesimlarga $P=1$ kuch ta'sir ettirib, tegishli eguvchi moment epyuralar quriladi (9 va 10-shakllar). Har bir epyuradan kesimlarga to'g'ri kelgan ordinatalarning qiymatlarini ta'sir matritsaga ustun ravishda joylashtiriladi.

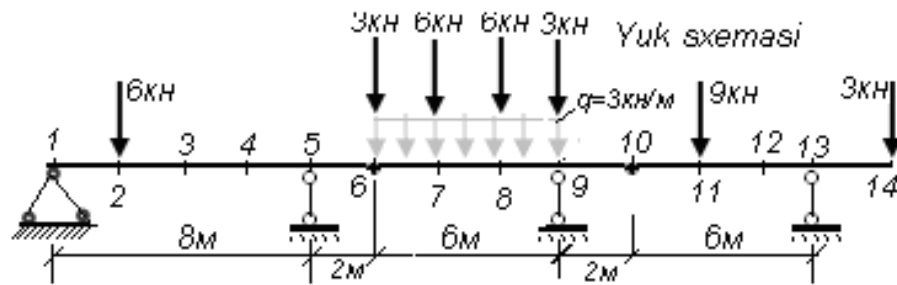
Yuk matritsa vektorining elementlari yuk sxemasiga asosan hosil qilinadi (11-shakl). Balkaga ta'sir qilayotgan barcha kuchlar belgilangan kesimlarga keltiriladi. Taralgan yuk kesimlarga to'plangan kuchlar bilan almashtiriladi. Taralgan yuk bor uchastkaning chekka kesimlariga qo'yiladigan kuchning miqdori $q \cdot 0,5 \cdot d$ ga teng qilib olinadi, qolgan kesimlarga esa kuchning miqdori $q \cdot d$ (d — kesimlar orasidagi masofa) ga teng bo'ladi. Natijada hosil bo'lgan sxema balkaning yuk sxemasi deb ataladi. Yuk sxemaning har bir kesimlaridagi kuchning miqdori yuk matritsa vektoriga element sifatida olinadi. Agar balkaning yuk sxemasida biror kesimiga kuch vektori qo'yilmagan bo'lsa, u holda tegishli kuchning miqdori nolga teng deb faraz qilinadi.



9-shakl



10-shakl



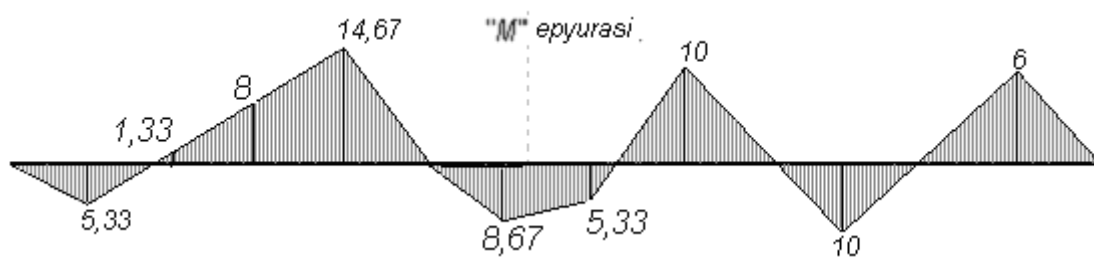
11-shakl

$$\mathbf{L}_M = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1,5 & 1,0 & 0,5 & 0 & -0,5 & -1/3 & -1/6 & 0 & 1/6 & 1/9 & 1/18 & 0 & -1/18 \\ 0 & 1,0 & 2,0 & 1,0 & 0 & -1,0 & -2/3 & -2/6 & 0 & 1/3 & 2/9 & 1/9 & 0 & -1/9 \\ 0 & 0,5 & 1,0 & 1,5 & 0 & -1,5 & -1,0 & -3/6 & 0 & 1/2 & 1/3 & 1/6 & 0 & -1/6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2,0 & -4/3 & -2/3 & 0 & 2/3 & 4/9 & 2/9 & 0 & -2/9 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4/3 & 2/3 & 0 & -2/3 & -4/9 & -2/9 & 0 & 2/9 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2/3 & 4/3 & 0 & -4/3 & -8/9 & -4/9 & 0 & 4/9 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2,0 & -4/3 & -2/3 & 0 & 2/3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4/3 & 2/3 & 0 & -2/3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2/3 & 4/3 & 0 & -4/3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2,0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\bar{\mathbf{P}} = \begin{bmatrix} 0 \\ 6 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 3 \\ 6 \\ 6 \\ 6 \\ 3 \\ 0 \\ 9 \\ 0 \\ 0 \\ 3 \end{bmatrix}$$

$$\bar{\mathbf{M}} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1,5 & 1,0 & 0,5 & 0 & -0,5 & -1/3 & -1/6 & 0 & 1/6 & 1/9 & 1/18 & 0 & -1/18 \\ 0 & 1,0 & 2,0 & 1,0 & 0 & -1,0 & -2/3 & -2/6 & 0 & 1/3 & 2/9 & 1/9 & 0 & -1/9 \\ 0 & 0,5 & 1,0 & 1,5 & 0 & -1,5 & -1,0 & -3/6 & 0 & 1/2 & 1/3 & 1/6 & 0 & -1/6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2,0 & -4/3 & -2/3 & 0 & 2/3 & 4/9 & 2/9 & 0 & -2/9 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4/3 & 2/3 & 0 & -2/3 & -4/9 & -2/9 & 0 & 2/9 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2/3 & 4/3 & 0 & -4/3 & -8/9 & -4/9 & 0 & 4/9 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2,0 & -4/3 & -2/3 & 0 & 2/3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4/3 & 2/3 & 0 & -2/3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2/3 & 4/3 & 0 & -4/3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2,0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 \\ 6 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 3 \\ 6 \\ 6 \\ 3 \\ 0 \\ 9 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 5,33 \\ -1,33 \\ -8 \\ -14,67 \\ 0 \\ 8,67 \\ 5,33 \\ -10 \\ 0 \\ 10 \\ 2 \\ -6 \\ 0 \end{bmatrix}$$

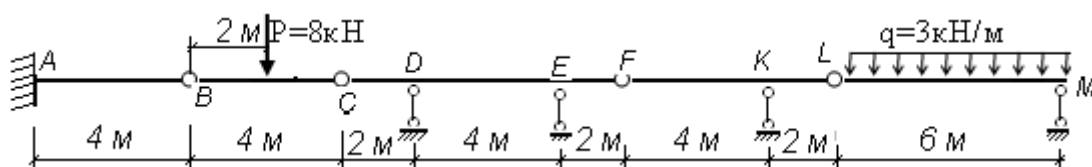
Aniqlangan $\overline{M}$ vektori bo'yicha eguvchi moment epyurasi quriladi (12-shakl).



12-shakl

Keyingi misolda boshqa tipdagi ko'p prolyotli balka ko'rib chiqiladi.

3-misol. 13-shaklda ifodalangan ko'p prolyotli sharnirli balka uchun eguvchi moment va ko'ndalang kuch epyuralari qurilsin.



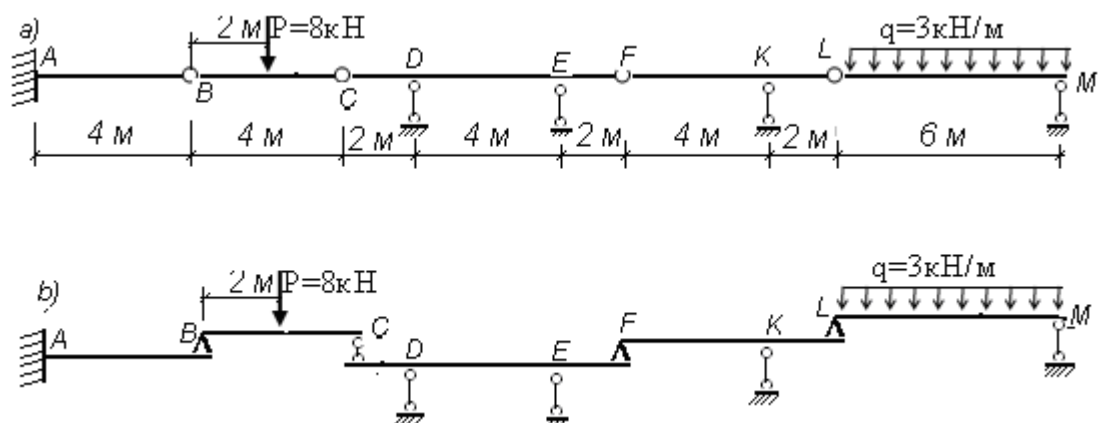
13-shakl

Berilgan ko'p prolyotli balkaning hisoblash sxemasi beshta diskdan iborat — AB, BC, CDEF, FKL va LM kinematik tahlil o'tkaziladi:

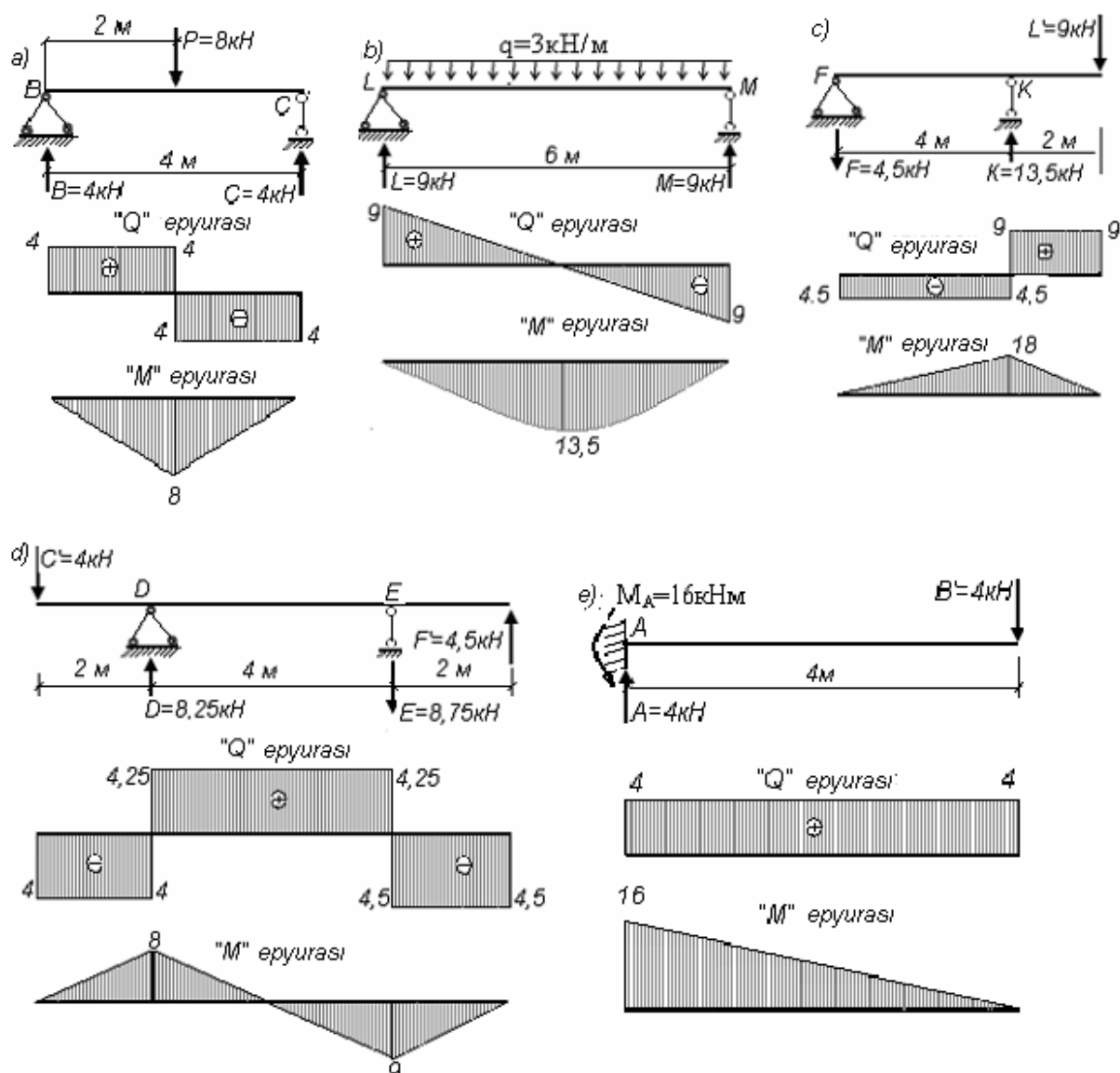
$W = 3D - 2Sh - S_T = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 4 - 7 = 15 - 15 = 0$. Demak, berilgan balka statik aniq, balkaning hisoblash sxemasining geometrik o'zgarmasligini tekshirib ko'rish uchun disklarning bir-biriga bog'lanishlari ko'rib chiqiladi.

AB-disk YER-diski bilan uchta tayanch bog'lanish yordamida tutashtirilgan. Natijada AB+YER diski hosil bo'ladi (ikki diskni qo'shish qoidasiga asosan). Yangi (AB+YER) diskka ikki sharnir (B va C) va ikki tayanch bog'lanish yordamida BC va CDEF disklar qo'shib (uchta disklarni qo'shish qoidasiga asosan), yangi (YER+AB+BC+ CDEF), disk hosil qiladi. Hosil bo'lgan diskka F-sharnir va tayanch bog'lanish yordamida FKL-disk qo'shib, yangi (YER+AB+BC+ CDEF+ FKL) diskni hosil qiladi. Hosil bo'lgan diskka oxirgi disk sharnir L va bitta tayanch bog'lanish yordamida disk LM qo'shib, yangi disk tashkil qilinadi.

Xulosa. Berilgan balka sxemasi diskni tashkil qiladi, demak u kinematik o'zgarmas tizimdir va uni inshootning hisoblash sxemasi sifatida ishlatish mumkin.



14-shakl

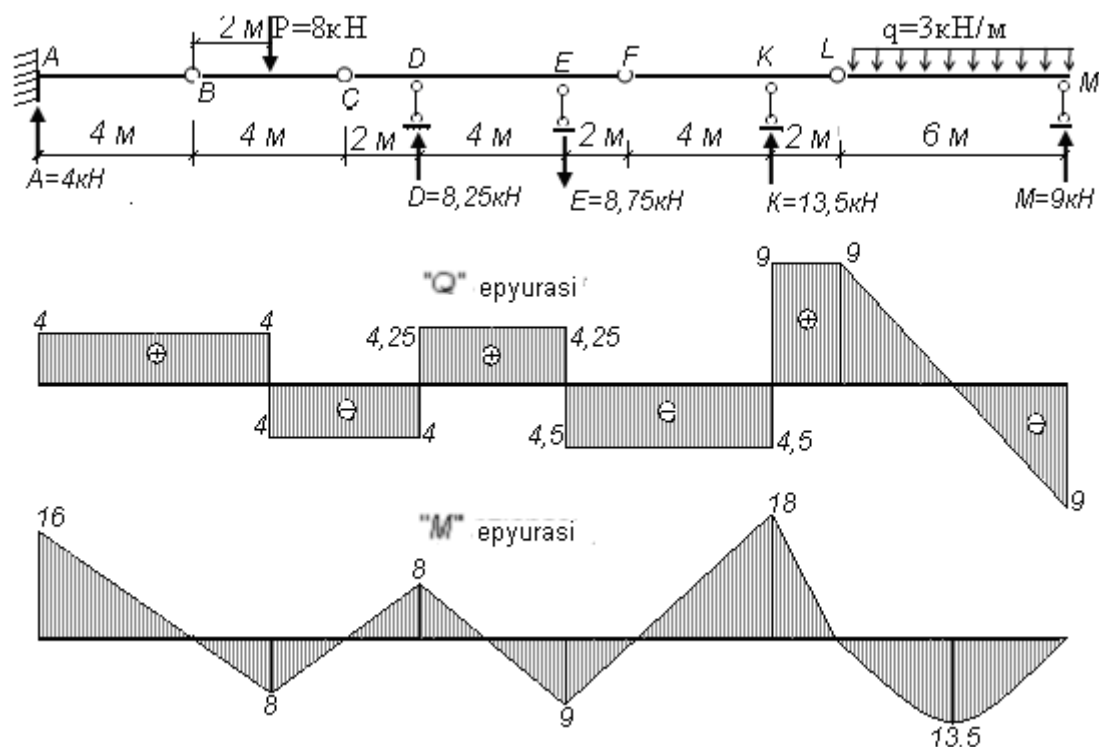


15-shakl

Berilgan balkaning o'zaro bog'lanish sxemasi beshta balkadan iborat, shulardan ikkitasi (AB va DE) asosiy balka hisoblanadi, FK va LM —

yordamchi balkalar va BC osma balka (14.b-shakl). Hisobni BC yoki LM balkadan boshlash kerak. Balkalarning hisobi juda oddiy bo'lgani sababli ularga izoh bermasdan, natijalari 15-shaklda ko'rsatiladi.

Har bir balkaga alohida qurilgan epyuralarni berilgan ko'p prolyotli balkaning sxemasi ostida bir hisob chizig'ida bir xil masshtabga keltirib, umumiy epyuralar hosil qilinadi (16-shakl).



16-shakl

Umumiy balka sxemasida ko'rsatilgan tayanch reaksiyalar $\sum y = 0$ sharti bo'yicha tekshirib ko'riladi:

$$\sum y = 0; \quad A + D - E + K + M - P - q \cdot 6 = 0; \quad 4 + 8.25 - 8.75 + 13.5 + 9 - 8 - 3 \cdot 6 = 0; \\ 34.75 - 34.75; \quad 0 = 0.$$

3. Ta'sir chiziqlari nazariyasi

3.1 Ta'sir chiziqlari to'g'risida tushuncha

Inshootlarni hisoblashda qo'zg'almas tashqi yuklardan tashqari qo'zg'aluvchan, harakatdagi yuklar ta'siri ham hisobga olinadi. Ko'pgina muhandislik inshootlarini, masalan ko'priklar, kran va estakada kabi inshootlarni hisoblashda harakatdagi yuk ta'siri muhim rol o'ynaydi.

Temir yo'l va avtomobil ko'priklariga ta'sir qiluvchi poyezd va avtomobillarning ta'sirini harakatlanuvchi va bir-biri bilan bog'langan vertikal yuklar sistemasi deb qarash mumkin.

Harakatlanuvchi va bir-biri bilan bog'langan vertikal yuklar sistemasi ta'sirida inshoot elementlarida hosil bo'ladigan maksimal zo'riqishlarni aniqlash uchun ta'sir chiziqlar nazariyasidan foydalaniladi. Bu nazariyaga ko'ra, dastlab inshoot bo'ylab vertikal birlik kuch ($\bar{P} = 1$) harakat qilyapti deb qaraladi. Birlik kuch ta'siridan inshoot elementida hosil bo'ladigan zo'riqishlarning o'zgarish qonuni tekshiriladi. Bu o'zgarish qonunlariga asosan va kuchlar ta'sirining mustaqilligi shartidan foydalanib, harakatlanuvchi yuklar sistemasi ta'sirida inshoot elementlarida hosil bo'ladigan zo'riqishlar aniqlanadi.

Inshoot bo'ylab birlik kuch ($\bar{P} = 1$) harakat qilganida uning elementlarida (tayanch reaksiyalar yoki ixtiyoriy kesimida) hosil bo'ladigan zo'riqishlar miqdorining o'zgarishini ifodalovchi grafik shu zo'riqishlarning ta'sir chiziqlari deyiladi.

Ta'sir chiziqlarini chizishning statik va kinematik usullari mavjud.

Statik usulda harakatlanuvchi birlik kuch ($\bar{P} = 1$) ning ixtiyoriy nuqtada turgan holati uchun muvozanat tenglamalari tuzilib, izlanayotgan zo'riqishning analitik ifodasi hosil qilinadi:

$$S = f(z)$$

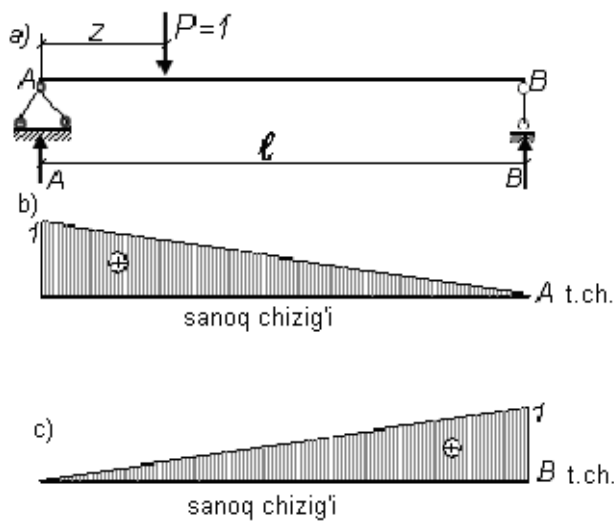
Bu analitik ifoda yordamida S zo'riqish miqdorining o'zgarish grafigi chizilib, uning ta'sir chizig'i olinadi. Kinematik usul yordamida ta'sir chiziqlar mumkin bo'lgan ko'chishlar qoidasiga asosan quriladi. Ushbu usul zo'riqishlar ta'sir chizig'ining umumiy ko'rinishini hosil qilish uchun qo'llaniladi.

3.2 Oddiy balkalarning ta'sir chizig'ini statik usul bilan qurish

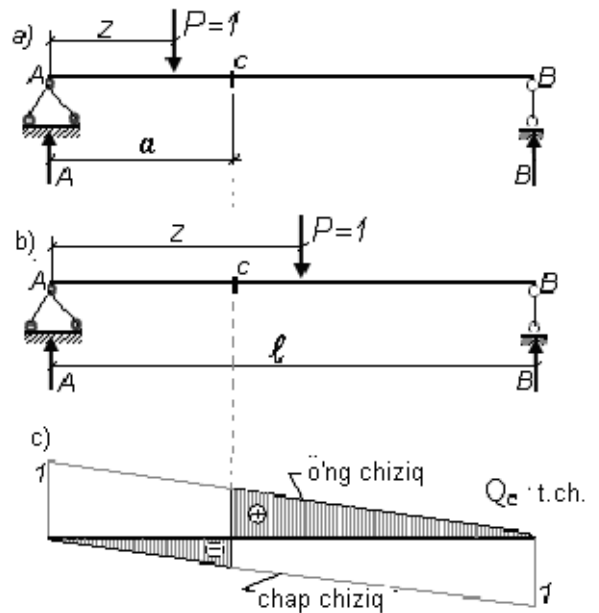
Harakatlanuvchi kuchlar sistemasi qo'yilgan balkalarni hisoblash uchun ularni avval birlik ko'chma kuch ($\bar{P} = 1$) ta'siriga hisoblash kerak. Balkaning tayanch reaksiyalari, eguvchi moment va ko'ndalang kuchlarning miqdorlari uning ustida harakatlanuvchi birlik kuchning vaziyatiga bog'liq (17.a-shakl):

$$A = f_1(z); B = f_2(z); M = f_3(z) \text{ va } Q = f_4(z).$$

Ta'sir chizig'ini qurish uchun birlik kuch $\bar{P} = 1$ balka ustidagi ma'lum nuqtalarga ketma-ket qo'yilib, bizni qiziqtirayotgan miqdorning o'zgarish qonunini ifodalovchi funksiya aniqlanadi, so'ngra bu funksiyaning grafigi chiziladi.



17-shakl



18-shakl

Oddiy balka tayanch reaksiyalarining ta'sir chizig'i. Chap tayanch reaksiyasining ta'sir chizig'ini qurish uchun balka ustida harakatlanuvchi birlik yukni ($\bar{P} = 1$) chap tayanchdan z masofada joylashtirib, statikaning muvozanat tenglamasi yoziladi (17.a-shakl):

$$\sum M_B = 0; \quad A \cdot \ell - P \cdot (\ell - z) = 0.$$

$$\text{bundan, } A = P \frac{\ell - z}{\ell} \text{ yoki } A = \frac{\ell - z}{\ell} \quad (3.1)$$

(3.1) ifoda tayanch A reaksiyasining ta'sir chizig'i tenglamasidir. O'zgaruvchan abstsissa z birinchi darajali bo'lgani uchun ifoda chiziq tenglamasi bo'ladi.

Tayanch reaksiyasi A ning ta'sir chizig'ini chizish uchun (3.1) tenglamadagi z abssissaga $0 \leq z \leq \ell$ oraliqda qiymatlar beriladi ($P=1$ yuk chap va o'ng tayanchlar orasida harakatlanadi). $z=0$ da $A=1$ va $z=\ell$ bo'lganda $A=0$ bo'ladi.

Koordinatalar sistemasida A tayanchning tagiga biror masshtabda birga teng bo'lgan ordinatani ($z=0$ da $A=1$), B tayanchning tagiga esa nolga teng bo'lgan ordinatani ($z=\ell$ da $A=0$) qo'yib, hosil bo'lgan nuqtalar to'g'ri chiziq bilan birlashtiriladi (17.b-shakl). Bu grafik A reaksiyaning ta'sir chizig'i bo'ladi. U qisqacha A t.ch. deb belgilanadi.

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

O'ng tayanch B reaksiyaning ta'sir chizig'ini qurish uchun birlik $P=1$ yukni chap tayanchdan z masofada balka ustida vaziyati uchun statikaning $\sum M_A = 0$ muvozanat tenglamasi yoziladi (17.b-shakl):

$$-B \cdot \ell + P \cdot z = 0, \text{ bundan } B = \frac{z}{\ell}. \quad (3.2)$$

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

B tayanch reaksiyaning ta'sir chizig'ini chizish uchun koordinatalar sistemasida o'ng tayanch ostiga birga teng bo'lgan ordinatani, chap tayanch tagida esa nollik ordinatani qo'yib, nuqtalar to'g'ri chiziq bilan birlashtiriladi. Bu grafik (17.c-shakl) B reaksiyaning ta'sir chizig'i (B t.ch.) bo'ladi.

(3.1) va (3.2) ifodalarga ko'ra A va B tayanch reaksiyalari ta'sir chiziqlarining ordinatalari musbat ishorali bo'lib, o'lchamsiz miqdordir.

Ko'ndalang kuchning ta'sir chizig'i. Balkaning berilgan C kesimidagi ko'ndalang Q kuchning ta'sir chizig'ini qurish uchun ($P=1$) birlik kuchning ikki vaziyati tekshirib ko'riladi (18.a-shakl).

Birinchi vaziyat. Birlik ko'chma kuch ($P=1$) C kesimdan chap tomonda harakat qiladi, ya'ni $0 \leq z \leq \alpha$. Balka o'ng tomonining muvozanatini ko'rib, Q_c^{chap} aniqlanadi:

$$\sum y = 0; \quad Q_c^{chap} = -B = -\frac{z}{\ell}. \quad (3.3)$$

Ikkinchi vaziyat. Birlik ko'chma kuch c kesimdan o'ng tomonda harakat qilsin. Unda $\alpha \leq z \leq \ell$ (18.b-shakl). Balka chap qismining muvozanati tekshiriladi:

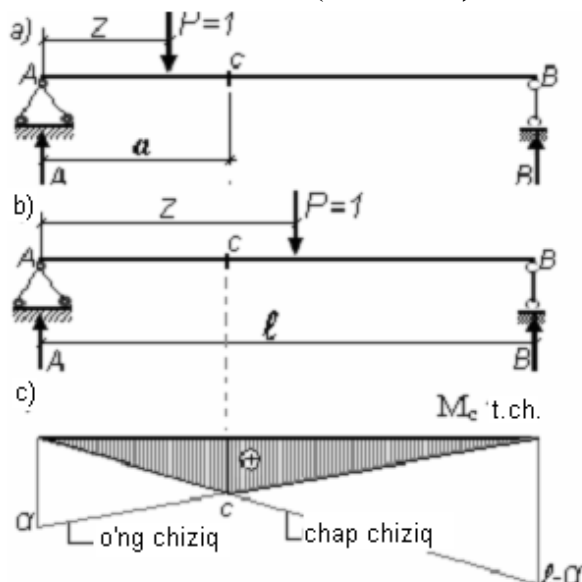
$$Q_c^{o'ng} = A = \frac{\ell - z}{\ell}. \quad (3.4)$$

(3.3) ga asosan, Q_c^{chap} chiziq ordinatalari chap tayanchdan c kesimgacha balkaning B tayanch reaksiyasi ta'sir chizig'ining teskari ishora bilan olingan ordinatalari qiymatiga va (3.4) ga asosan, $Q_c^{o'ng}$ chiziq esa c kesimdan balkaning oxirigacha A reaksiyaning ta'sir chizig'iga mos keladi. Q 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 tutashtiriladi (bu o'ng chiziq deb ataladi), so'ngra o'ng tayanch ostiga manfiy birlik ordinata qo'yib, uni chap tayanch tagidagi nollik ordinata bilan tutashtiriladi (chap chiziq).

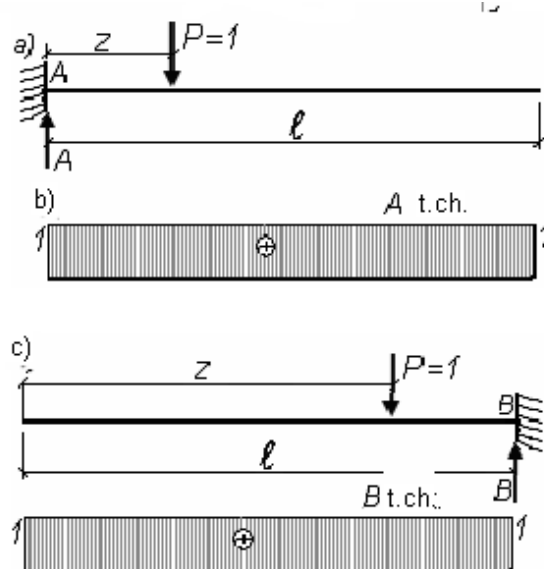
O'ng va chap chiziqlar bir-biriga parallel bo'ladi. Chap chiziq balkaning chap tayanchidan S kesimgacha, o'ng chiziq esa kesimdan o'ng tayanchgacha Q ning o'zgarishini ifodalaydi (18.c-shakldagi shtrixlangan

chiziq). Ko'ndalang kuch ta'sir chiziqlarining ordinatalari o'lchamsiz miqdordir.

Eguvchi momentning ta'sir chizig'i. Balkaning c kesimida hosil bo'lgan eguvchi moment ta'sir chizig'ini qurish uchun ham birlik kuchning ikki holati tekshiriladi (19-shakl).



19-shakl



20-shakl

Birinchi holat. $P=1$ kuch c kesimning chap tomonida harakatlanadi ($0 \leq z \leq \alpha$) deb faraz qilinadi (19.a-shakl). M_c^{chap} eguvchi moment tenglamasi balkaning o'ng tomoni muvozanatiga asosan yoziladi:

$$M_c^{\text{chap}} = B(\ell - \alpha) = \frac{z}{\ell}(\ell - \alpha). \quad (3.5)$$

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

Ikkinchi holat. $P=1$ ko'chma kuch c kesimning o'ng tomonida (19.b-shakl) harakat qiladi ($\alpha \leq z \leq \ell$) deb $M_c^{\text{o'ng}}$ aniqlanadi. Balka chap tomonining muvozanati tekshiriladi, bunda:

$$M_c^{\text{o'ng}} = A \cdot \alpha = \frac{\ell - z}{\ell} \alpha. \quad (3.6)$$

Demak, $M_c^{\text{o'ng}}$ chiziq bu chegarada A reaksiyaning ta'sir chizig'i ordinatalarini α o'zgarmas songa ko'paytirib chizilganiga to'g'ri keladi. Bu chiziq o'ng chiziq deyiladi (19.c-shakl).

Chap chiziq bilan o'ng chiziq C kesim tagida kesishadi, chunki $z = \alpha$ ni (3.5) va (3.6) ifodalarga qo'yilsa, M_c^{chap} va $M_c^{\text{o'ng}}$ ordinatalarning tengligini

ko'rsa bo'ladi. M_c ta'sir chizig'ining ordinatasi $P=1$ ko'chma kuch shu ordinata ustida turganida c kesimda hosil bo'lgan eguvchi momentning miqdorini qabul qilingan masshtabda ifodalaydi. Bu ordinataning o'lchov birligi metr bo'ladi.

3.3 Konsol balka zo'riqishlarining ta'sir chiziqlarini qurish

Konsol balkaning vertikal tayanch reaksiyasi A ta'sir chizig'ini chizish uchun u o'qiga proeksiya olinadi:

$$\sum y = 0; A - P = 0, \text{ bundan } A = P = 1.$$

Demak, $P=1$ kuchning har qanday holatida $A=1$ (20.b-shakl).

Konsol balka ixtiyoriy c kesimdagi eguvchi moment M_c ta'sir chizig'ini qurish uchun $P=1$ kuchning ikki holati ko'rib chiqiladi.

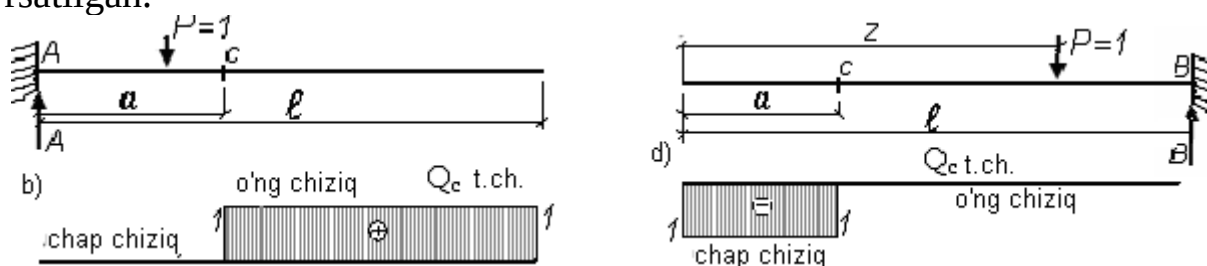
Birinchi holat. $P=1$ kuch kesimdan chap tomonda harakat qilmoqda deb faraz qilinadi ($0 \leq z \leq a$).

$$\dot{I}_{\bar{n}}^{\text{chap}} = 0; Q_c^{\text{chap}} = 0.$$

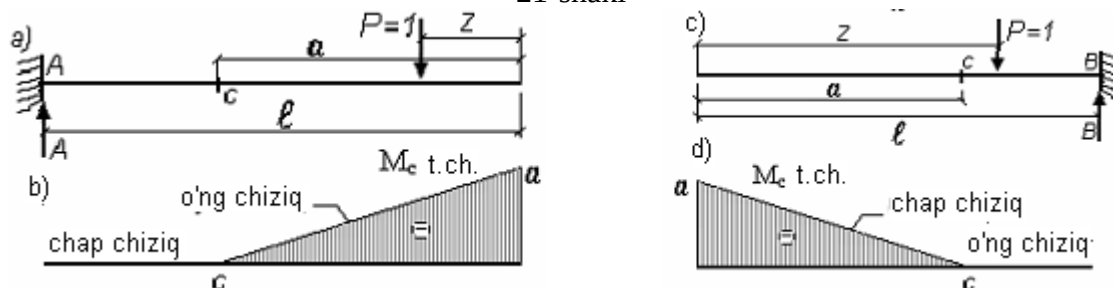
Ikkinchi holat. $P=1$ kuch kesimdan o'ng tomonda harakat qilmoqda deb faraz qilinadi ($0 \leq z \leq a$).

$$\dot{I}_{\bar{n}}^{\text{o'ng}} = -(\alpha - z); Q_c^{\text{o'ng}} = D = 1.$$

Konsol balka zo'riqishlarining ta'sir chiziqlari 21.b va 22.b- shakllarda ko'rsatilgan.



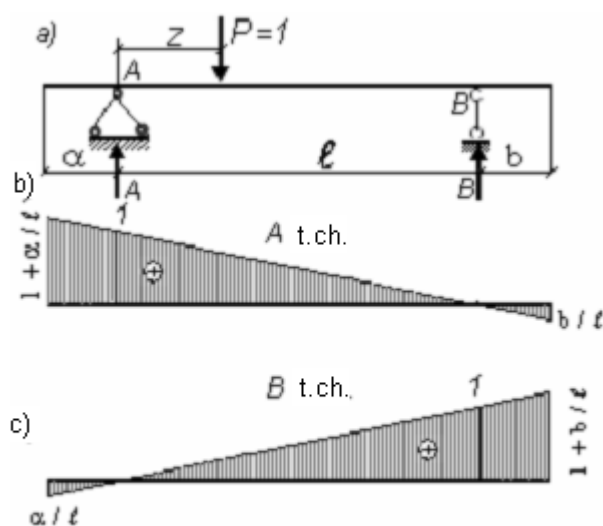
21-shakl



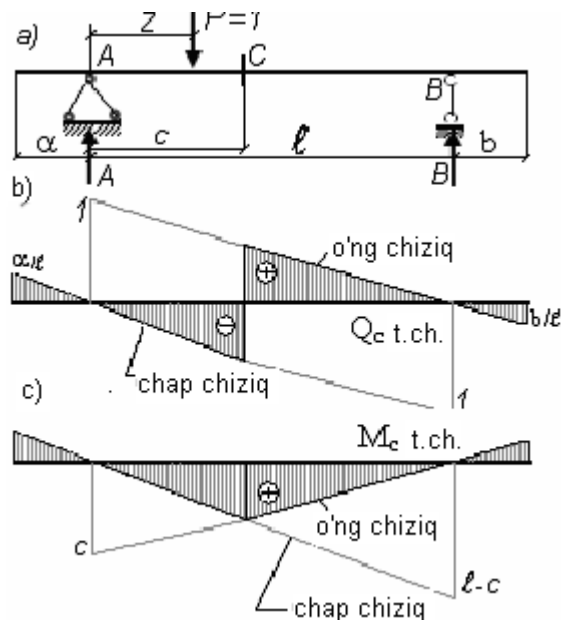
22-shakl

3.4 Konsolli balkalar zo'riqishlarining ta'sir chiziqlarini qurish

Konsolli balka tayanch reaksiyalarining ta'sir chiziqlari oddiy balka tayanch reaksiylari ta'sir chiziqlari kabi chizilib, so'ngra ular konsolning uchlariga qadar davom ettiriladi (23-shakl).



23-shakl



24-shakl

Konsolli balkaning prolyotida C kesimdagi Q_c va M_s larning ta'sir chizig'i oddiy balkalardagi ko'ndalang kuch va eguvchi moment kabi chizilib, chap chiziqni chap konsolning oxirigacha, o'ng chiziq esa o'ng tomondagi konsolning oxirigacha davom ettiriladi (24-shakl).

Konsolli balkaning konsol qismidagi kesimi uchun ko'ndalang kuch va eguvchi momentning ta'sir chiziqlari konsol balkalaridek chiziladi.

4. Ko'p prolyotli statik aniq balkalar uchun ta'sir chiziqlarini qurish

Ko'p prolyotli balka zo'riqishlarining ta'sir chiziqlarini qurish birlik ko'chma yuk ($P=1$) ta'siridagi oddiy va konsolli balkalarni hisoblash qoidalariga asoslangan. Ta'sir chizig'ini qurishdan oldin ko'p prolyotli balka elementlarining o'zaro bog'lanish sxemasi chizib olinadi. Asosiy, yordamchi va osma balkalar uchun ta'sir chizig'ini qurish konsolli yoki oddiy balkalar uchun ta'sir chizig'ini qurishdan farq qilmaydi.

Asosiy balka uchun ta'sir chizig'ini qurishdan avval $P=1$ ko'chma yukning shu asosiy balka ustida, so'ngra unga tayangan yordamchi va osma balkalar ustida harakatlanishi ko'rib chiqiladi. Bunda asosiy balkaga tayangan yordamchi yoki osma balkalarning ta'sirini e'tiborga olish uchun ta'sir chizig'ining ikki tugun orasidagi to'g'ri chiziq bo'yicha o'zgarish xossasidan foydalaniladi.

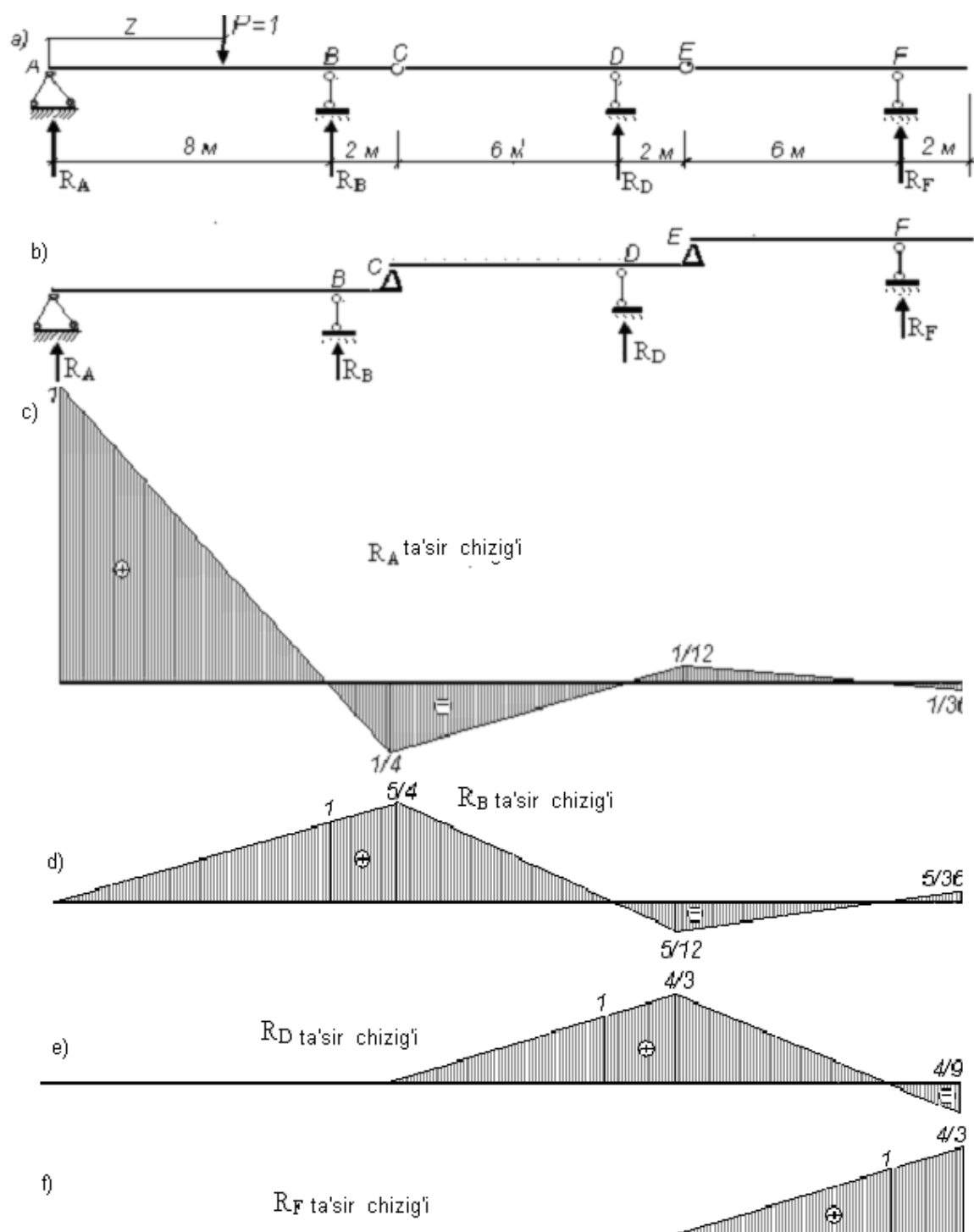
4-misol. 4-shaklda berilgan ko'p prolyotli statik aniq balka tayanch reaksiyalarining ta'sir chiziqlari qurilsin (25-shakl).

R_A reaksiyaning ta'sir chizig'i. Bu tayanch AB konsolli balkaga tegishli. Bunday balka tayanch reaksiyaning ta'sir chizig'i 23-shaklda ko'rsatilgan — A tayanch ostida birga teng ordinatani, B tayanch ostidagi nollik ordinata bilan to'g'ri chiziq orqali tutashtiriladi va chiziq o'ng tomondagi konsol uchigacha davom ettiriladi (C nuqtagacha). Hosil bo'lgan ta'sir chiziq ko'chma $P=1$ kuch AB balka ustida harakatda bo'lgan vaziyatga mos keladi. Qolgan balkalar (CD va EF) ustida $P=1$ kuchning harakatiga mos keladigan ta'sir chizig'ini qurish uchun berilgan balkaning o'zaro bog'lanish sxemasi chiziladi (25.c-shakl). Bu sxemada CD va EF balkalar AB balkaga nisbatan yuqoriroq joylashgan, demak ular AB balkaga ta'sir qiladi. Maksimal ta'sir $P=1$ kuchni C nuqtada joylashgan holatida va nolga teng holati D nuqta ostida bo'ladi. Bularni hisobga olib, AB balka ostidagi ta'sir chiziq CD balka ostida davom ettiriladi (C nuqta ostidagi ordinata D nuqta ostidagi nollik ordinata bilan tutashtirilib, chiziq konsol uchigacha uzaytiriladi). Shundan keyin EF balka ostidagi ta'sir chiziq quriladi. Bu yerda ham F nuqta tagida nollik ordinata borligini hisobga olib, EF balka ostidagi ta'sir chiziq qismi quriladi (25.b-shakl).

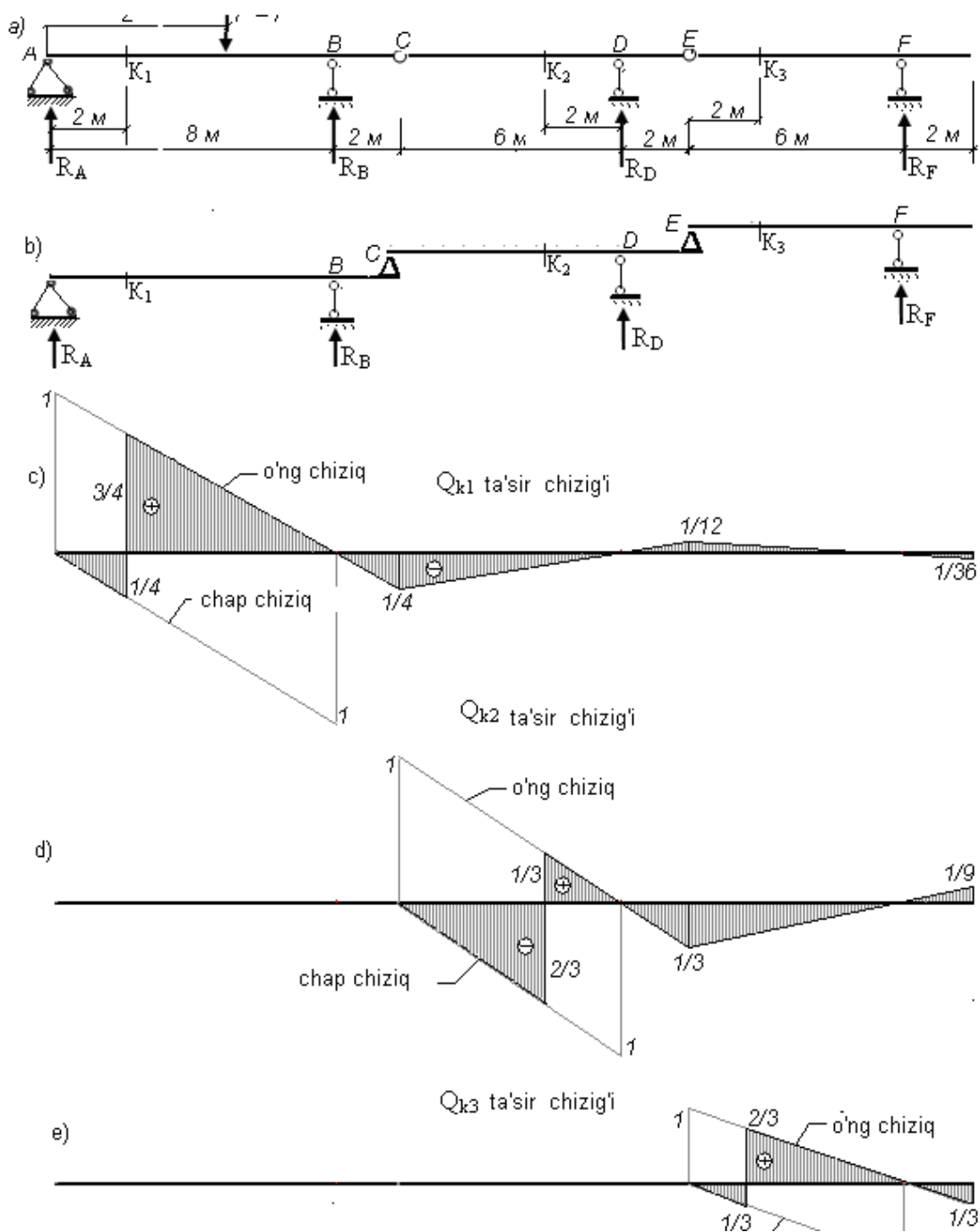
Qurilgan ta'sir chiziq albatta shtrixlanadi va ishorasi ko'rsatiladi. Shundan keyin ta'sir chiziqning xarakterli kesimlardagi ordinatalarning qiymatlari topiladi.

R_B reaksiyaning ta'sir chizig'i. B tayanch ham AB balkaga tegishli bo'lgani sababli, uning reaksiyasining ta'sir chizig'i xuddi R_A ning ta'sir chizig'i singari quriladi (25.d-shakl).

R_D reaksiyaning ta'sir chizig'i. Bu reaksiyaning ta'sir chizig'ini qurishda 23.b-shakldan foydalaniladi. O'zaro bog'lanish sxemada CD yordamchi balka AB asosiy balkaga nisbatan yuqoriroq, EF yordamchi balkaga nisbatan esa pastroq joylashgan. Shuning uchun, 23.b-shakldan olingan ta'sir chiziq namunasi faqat o'ng tarafdagi EF-balka tomon tarqaladi. Tarqalish qonuni yuqorida ko'rilgan ta'sir chiziqlar singari bo'ladi. Ta'sir chizig'ning nolinchi nuqtasi sifatida C nuqta olinadi (25.e-shakl).



25-shakl



26-shakl

R_F reaksiyaning ta'sir chizig'i. F tayanch o'zaro bog'lanish sxemada eng yuqori joylashgan yordamchi balkaning o'ng tayanchi bo'lib, unga qolgan balkalar ta'sir etmaydi. Shuning uchun ta'sir chiziq faqat EF balka ostida quriladi. Ta'sir chiziq namunasi sifatida yana 23.c-shakl olinsa bo'ladi (25.f-shakl).

5-misol. 26.a-shaklda berilgan ko'p prolyotli statik aniq balkada belgilangan K_1 , K_2 va K_3 kesimlardagi ko'ndalang kuchlarning ta'sir chiziqlari qurilsin (26-shakl).

K_1 kesim AB asosiy balkaga tegishli bo'lgani sababli eng avval shu balka ostida kesimdagi ko'ndalang kuchning ta'sir chizig'i quriladi — A tayanch ostida birga teng musbat ordinata B tayanch ostidagi nollik ordinata bilan tutashtiriladi. Hosil bo'lgan chiziq o'ng chiziq deb ataladi. Chap chiziqni o'tkazish uchun B tayanch ostida manfiy birlik A tayanch ostida esa nollik ordinatalar olib, ular to'g'ri chiziq bilan tutashtiriladi. Shundan keyin K_1 kesim chap va o'ng chiziqlarga tushiriladi. K_1 kesimdan chap tarafga chap, o'ng tarafga esa o'ng chiziqlar haqqoniy hisoblanadi. Haqqoniy qismlar shtrixlanadi (24.b-shaklga qarang). Balkaning o'ng tarafida konsol qismi bor bo'lgani sababli o'ng chiziq konsol uchigacha uzaytiriladi. CD va EF balka qismlari o'zaro bog'lanish sxemasida K_1 kesim bor AB balkadan yuqoriroq joylashgan, shuning uchun $P=1$ kuchni shu balkalarda harakatda bo'lgandagi ta'siri nolga teng bo'lgan nuqtalaridan (D va F) foydalanib, ta'sir chiziq qismi chiziladi (26.c-shakl).

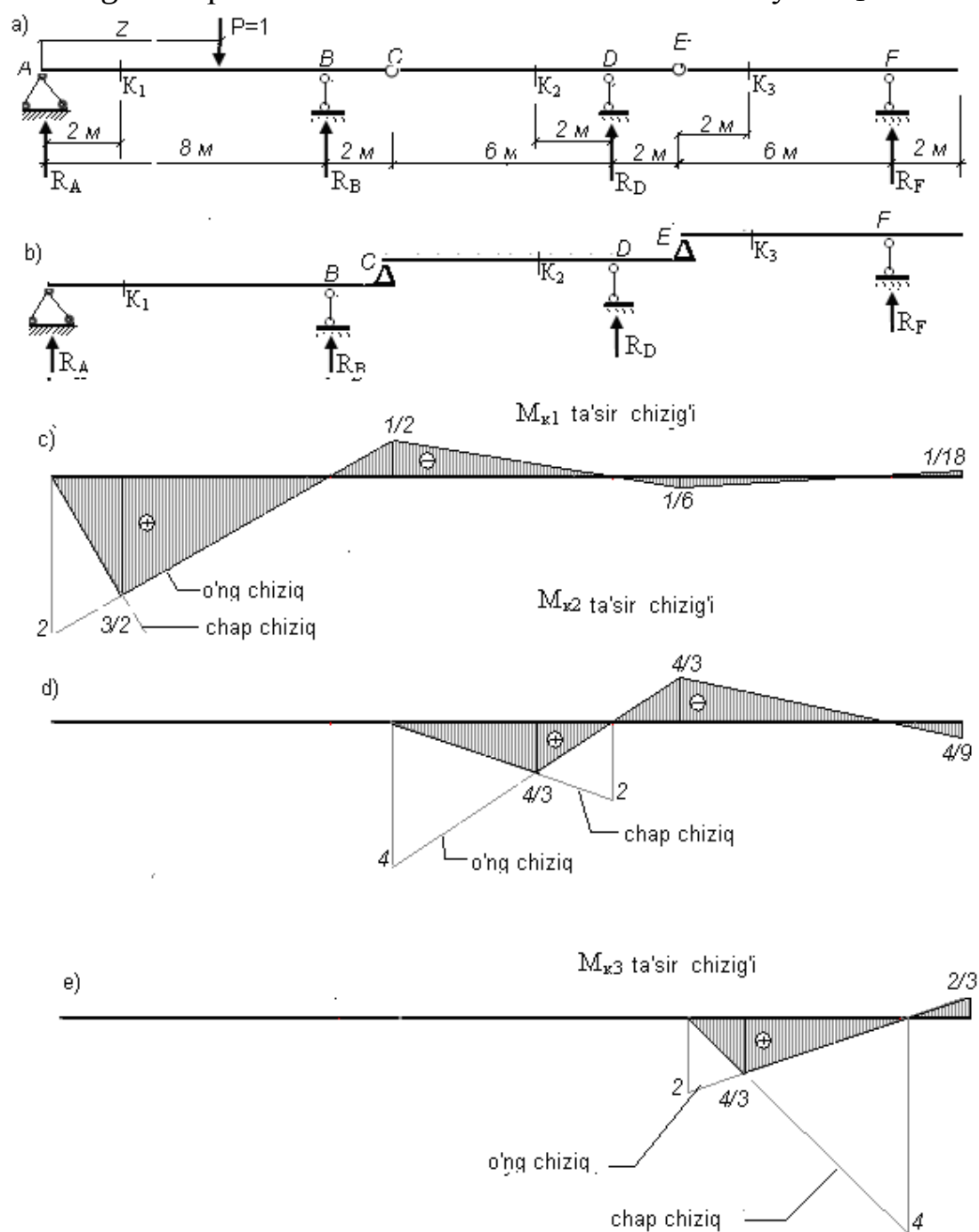
K_2 kesim CD balkada olingan, shuning uchun shu balka ostida 24.b-shaklga asosan ko'ndalang kuch ta'sir chizig'i quriladi. CD balka o'zaro bog'lanish sxemasida AB balkadan yuqoriroq joylashgan, shu sababli AB balka CD balkaga ta'sir qilmaydi. EF balka o'zaro bog'lanish sxemada (26.b-shakl) CD balkadan yuqoriroq joylashgan, shu sababli u CD balkaga ta'sir ko'rsatadi. Demak, CD balka ostida qurilgan ko'ndalang kuchning ta'sir chizig'i EF balka tomon uzaytiriladi. Nolga teng ordinata F nuqta bo'ladi (26.d-shakl).

K_3 kesim EF balkaga tegishli bo'lgani sababli, shu balka ostida 24.b-shaklga asosan kesimdagi ko'ndalang kuchning ta'sir chizig'i quriladi. Bu balka o'zaro bog'lanish sxemasida eng yuqori joylashgan shuning uchun chap tomondagi balkalardan ta'sir bo'lmaydi, ya'ni ta'sir chiziq faqat EF balka ostida bo'ladi (26.e-shakl).

6-misol. 27.a-shaklda berilgan ko'p prolyotli statik aniq balkada belgilangan K_1 , K_2 va K_3 kesimlardagi eguvchi momentning ta'sir chiziqlari qurilsin (27-shakl).

K_1 kesim AV asosiy balkaga tegishli bo'lgani sababli eng avval shu balka ostida kesimdagi eguvchi momentning ta'sir chizig'i quriladi — A tayanch ostida kesimgacha masofaga teng bo'lgan musbat ordinata V tayanch ostidagi nollik ordinata bilan tutashtiriladi. Hosil bo'lgan chiziq o'ng chiziq deb ataladi. Chap chiziqni o'tkazish uchun B tayanch ostida shu tayanchdan kesimgacha masofaga teng ordinata va A tayanch ostida esa nollik ordinata olib, ular to'g'ri chiziq bilan tutashtiriladi. Albatta chap

va o'ng chiziqlar kesim ostida tutashadi. Shundan keyin K_1 kesim chap va



27-shakl

o'ng chiziqlar kesim ostida tutashadi. Shundan keyin K_1 kesim chap va o'ng chiziqlarga tushiriladi. K_1 kesimdan chap tarafga chap, o'ng tarafga esa o'ng chiziqlar haqqoniy hisoblanadi. Haqqoniy qismlar shtrixlanadi (24.b-shaklga qarang). Balkaning o'ng tarafida konsol qismi bo'lgani sababli o'ng chiziq konsol uchigacha uzaytiriladi. CD va EF balka qismlari o'zaro bog'lanish sxemasida K_1 kesim bor AB balkadan yuqoriroq joylashgan, shuning uchun $P=1$ kuchni shu balkalarda harakatda

bo'lgandagi ta'siri nolga teng bo'lgan nuqtalar (D va F) bilan foydalanib, ta'sir chiziq qismi chiziladi (27.c-shakl).

K₂ kesim CD balkada olingan, shuning uchun shu balka ostida 24.c-shaklga asosan eguvchi moment ta'sir chizig'i quriladi. CD balka o'zaro bog'lanish sxemasida AB balkadan yuqoriroq joylashgan, shu sababli AB balka CD balkaga ta'sir qilmaydi. EF balka o'zaro bog'lanish sxemada (27.b-shakl) CD balkadan yuqoriroq joylashgan, shu sababli u CD balkaga ta'sir ko'rsatadi. Demak, CD balka ostida qurilgan eguvchi momentning ta'sir chizig'i EF balka tomon uzaytiriladi. Nolga teng ordinata F nuqta bo'ladi (27.g-shakl).

K₃ kesim EF balkaga tegishli bo'lgani sababli, shu balka ostida 24.v-shaklga asosan kesimdagi eguvchi momentning ta'sir chizig'i quriladi. Bu balka o'zaro bog'lanish sxemasida eng yuqori joylashgani uchun chap tomondagi balkalardan ta'sir bo'lmaydi, ya'ni ta'sir chiziq faqat EF balka ostida bo'ladi (27.e-shakl).

5. Zo'riqishlarni ta'sir chiziqlari yordamida aniqlash

Inshootlarga qo'zg'almas yuk qo'yilganda, ulardan zo'riqishlar hosil bo'lgan aniqlanishi 1-misolda ko'rilgan edi. Endi qo'zg'almas yuk ta'siridagi inshootning tayanch reaksiyalari va ixtiyoriy kesimdagi zo'riqish ta'sir chizig'i yordamida ko'rib chiqiladi.

Agar inshootga to'plangan kuchlar sistemasi ta'sir qilayotgan bo'lsa, S to'la zo'riqishning miqdori, kuchlar ta'sirining mustaqilligi prinsipiga asosan quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$S = P_1 \cdot y_1 + P_2 \cdot y_2 + \dots + P_n \cdot y_n = \sum_{i=1}^n P_i \cdot y_i \quad (5.1)$$

bu yerda, $y_1, y_2, \dots, y_n$ — S ta'sir chizig'ining tegishli kuchlar ostidagi ordinatasi.

Agar inshootga tekis taralgan yuk qo'yilgan bo'lsa, uning ta'siridan hosil bo'ladigan S zo'riqishning miqdori quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$S = q \cdot \omega \quad (5.2)$$

bu yerda, q — taralgan yuk intensivligi, ω — tekis taralgan yuk qo'yilgan oraliqqa mos keluvchi ta'sir chizig'idan olingan yuza.

Agar inshootga har xil intensivlikdagi bir necha tekis taralgan yuk qo'yilgan bo'lsa, S zo'riqishni (5.2) ifodadan foydalanib quyidagicha aniqlash mumkin:

$$S = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \omega_i \quad (5.3)$$

Agar inshootga momenti M_i juft kuchlar qo'yilgan bo'lsa, uning ta'siridan hosil bo'lgan zo'riqishning miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$S = \sum_{i=1}^n M_i \cdot \operatorname{tg} \alpha_i \quad (5.4)$$

bu yerda, α_i — tegishli moment qo'yilgan nuqtada ta'sir chizig'iga o'tkazilgan urinmaning absissa o'qi bilan hosil qilgan burchak.

Agar inshootga to'plangan kuch, tekis taralgan yuk va momentlar qo'yilgan bo'lsa, unda hosil bo'lgan zo'riqishlar miqdori ta'sir chiziq yordamida quyidagicha aniqlanadi:

$$S = \sum_{i=1}^n P_i \cdot y_i + \sum_{i=1}^n q_i \cdot \omega_i + \sum_{i=1}^n M_i \cdot \operatorname{tg} \alpha_i \quad (5.5)$$

Yuqoridagi formulalarning ishlatilishi misolda ko'rib chiqiladi.

6-misol. Berilgan balkaning (28.a-shakl) tayanch reaksiyalari uning ta'sir chiziqlari yordamida aniqlansin.

R_A ta'sir chiziq yordamida (28.b-shakl).

$$y_1 = \frac{1 \cdot 6}{8} = 0,75; \quad y_2 = \frac{1/12}{6} \cdot 4 = \frac{1}{18}; \quad y_3 = -\frac{1}{36}; \quad \omega = -\frac{1/4 \cdot 6}{2} = -0,75 \text{ m}.$$

$$R_A = P_1 \cdot y_1 + P_2 \cdot y_2 + P_3 \cdot y_3 + q \cdot \omega =$$

$$= 6 \cdot 0,75 + 9 \cdot \frac{1}{18} - 3 \cdot \frac{1}{36} - 3 \cdot 0,75 = 4,5 + 0,5 - 0,083 - 2,25 = 2,67 \text{ kH}.$$

R_B ta'sir chiziq yordamida (28.c-shakl).

$$y_1 = \frac{1}{4} \cdot 1 = 0,25; \quad y_2 = -\frac{2}{3} \cdot \frac{5}{12} = -\frac{5}{18}; \quad y_3 = \frac{5}{36}; \quad \omega = \frac{5/4 \cdot 6}{2} = 3,75 \text{ m}$$

$$R_B = P_1 \cdot y_1 + P_2 \cdot y_2 + P_3 \cdot y_3 + q \cdot \omega =$$

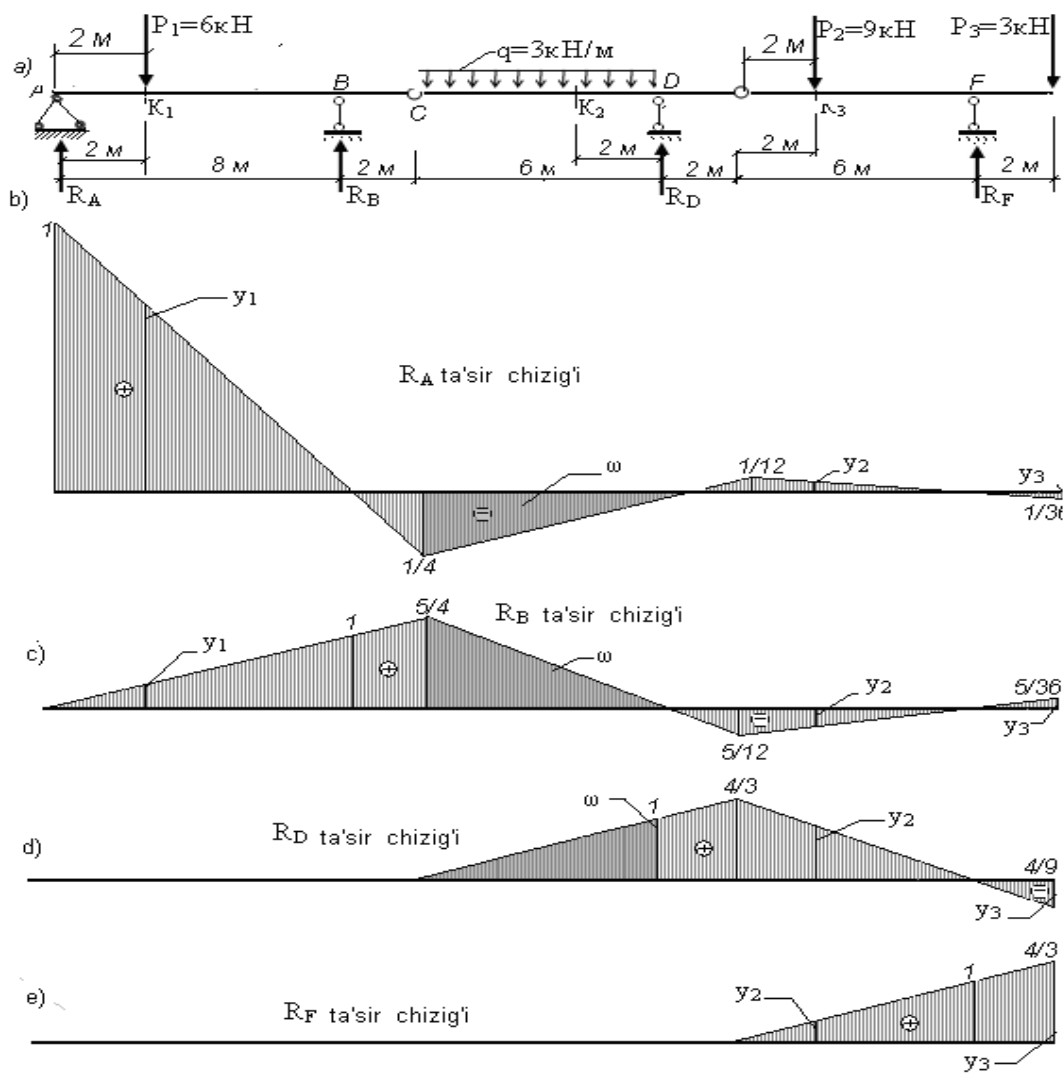
$$= 6 \cdot 0,25 - 9 \cdot \frac{5}{18} + 3 \cdot \frac{5}{36} + 3 \cdot 3,75 = 1,5 - 2,5 + \frac{5}{12} + 11,25 = 10,67 \text{ kH}$$

R_D ta'sir chiziq yordamida (28.d-shakl).

$$y_1 = 0; \quad y_2 = \frac{2}{3} \cdot \frac{4}{3} = \frac{8}{9}; \quad y_3 = -\frac{4}{9}; \quad \omega = \frac{1 \cdot 6}{2} = 3 \text{ m}$$

$$R_D = P_1 \cdot y_1 + P_2 \cdot y_2 + P_3 \cdot y_3 + q \cdot \omega =$$

$$= 6 \cdot 0 + 9 \cdot \frac{8}{9} - 3 \cdot \frac{4}{9} + 3 \cdot 3 = 0 + 8 - \frac{4}{3} + 9 = 15,67 \text{ kH}$$



28-shakl

R_F ta'sir chiziq yordamida (28.e-shakl).

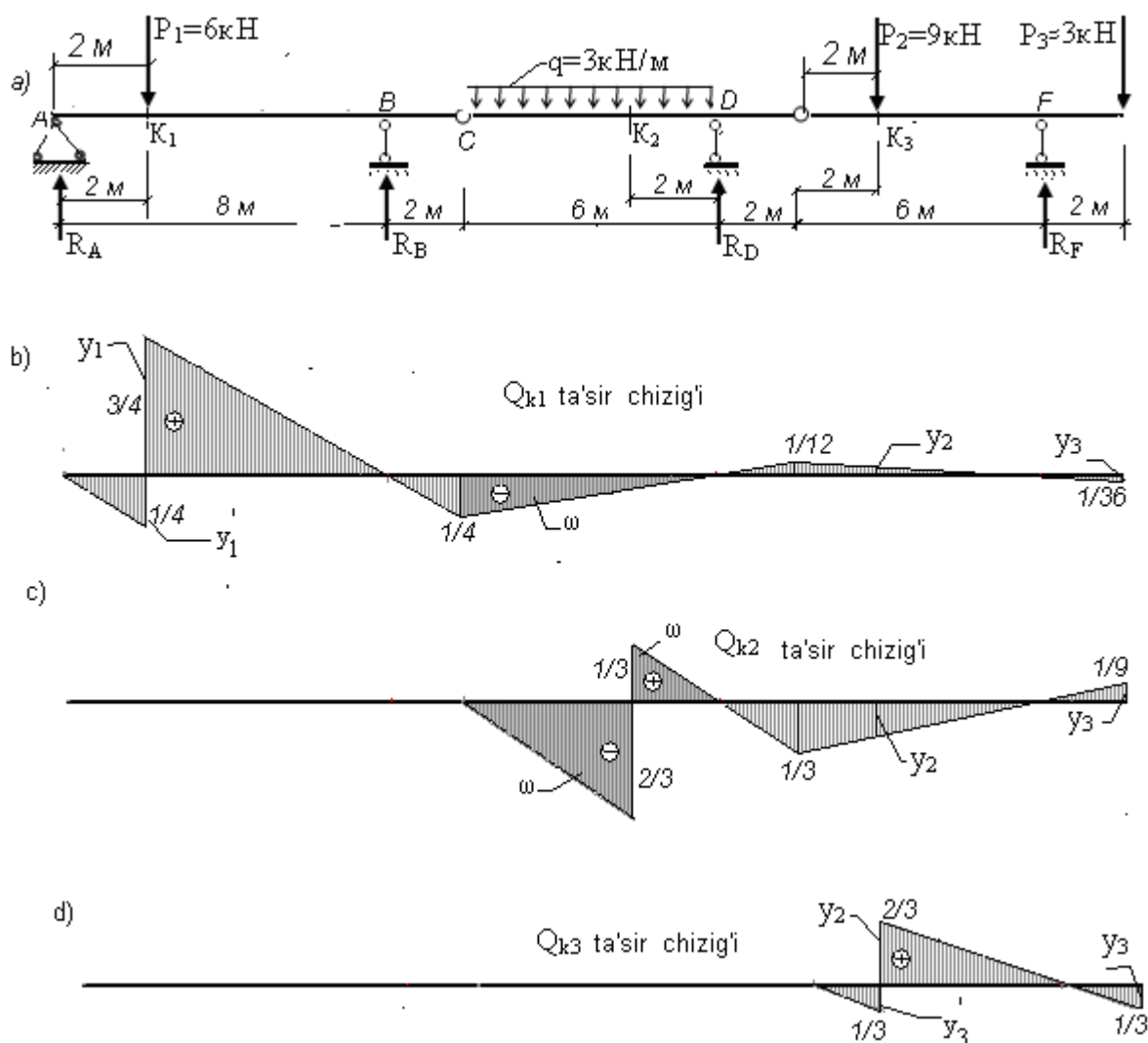
$$y_1 = 0; \quad y_2 = \frac{1}{3} \cdot 1 = \frac{1}{3}; \quad y_3 = \frac{4}{3}; \quad \omega = 0$$

$$R_B = P_1 \cdot y_1 + P_2 \cdot y_2 + P_3 \cdot y_3 + q \cdot \omega =$$

$$= 6 \cdot 0 + 9 \cdot \frac{1}{3} + 3 \cdot \frac{4}{3} + 3 \cdot 0 = 0 + 3 + 4 + 0 = 7 \text{ kH}$$

Yuqorida aniqlangan qiymatlarni 1-misolda hisoblab chiqilgan qiymatlar bilan solishtirish tavsiya etiladi (8-shakl).

7-misol. Berilgan balkaning (29.a-shakl) K_1 , K_2 va K_3 kesimlardagi ko'ndalang kuchning miqdori ularning ta'sir chiziqlari yordamida aniqlansin.



29-shakl

Q_{k1} ta'sir chizig'i yordamida (29.b-shakl)

$$y_1 = 0,75; y_1' = -0,25; y_2 = \frac{1}{18}; y_3 = -\frac{1}{36}; \quad \omega = -\frac{1/4 \cdot 6}{2} = -0,75\text{m}.$$

$$Q_{k1} = P_1 \cdot y_1 + P_2 \cdot y_2 + P_3 \cdot y_3 + q \cdot \omega = 6 \cdot 0,75 + 9 \cdot \frac{1}{18} - 3 \cdot \frac{1}{36} - 3 \cdot 0,75 = 2,67\text{kH};$$

$$Q_{k1}' = P_1 \cdot y_1' + P_2 \cdot y_2 + P_3 \cdot y_3 + q \cdot \omega = -6 \cdot 0,25 + 9 \cdot \frac{1}{18} - 3 \cdot \frac{1}{36} - 3 \cdot 0,75 = -3,33\text{kH};$$

Q_{k2} ta'sir chizig'i yordamida (29.c-shakl)

$$y_1 = 0; \quad y_2 = -\frac{2}{9}; \quad y_3 = \frac{1}{9}; \quad \omega = \frac{1/3 \cdot 2}{2} = 0,33\text{M}; \quad \omega' = -\frac{2/3 \cdot 4}{2} = -1,33\text{M}$$

$$Q_{k2} = P_1 \cdot y_1 + P_2 \cdot y_2 + P_3 \cdot y_3 + q \cdot (\omega - \omega') = 6 \cdot 0 - 9 \cdot \frac{2}{9} + 3 \cdot \frac{1}{9} - 3 \cdot 1 = -4,67\text{kH};$$

Q_{k3} ta'sir chizig'i yordamida (29.d-shakl)

$$y_1 = 0; \quad y_2 = \frac{2}{3}; \quad y_2' = \frac{1}{3}; \quad y_3 = -\frac{1}{3}; \quad \omega = 0;$$

$$Q_{k3} = P_1 \cdot y_1 + P_2 \cdot y_2 + P_3 \cdot y_3 + q \cdot \omega = 6 \cdot 0 + 9 \cdot \frac{2}{3} - 3 \cdot \frac{1}{3} - 3 \cdot 0 = 5\text{kH};$$

$$Q_{k3}' = P_1 \cdot y_1 + P_2 \cdot y_2 + P_3 \cdot y_3' + q \cdot \omega = 6 \cdot 0 - 9 \cdot \frac{1}{3} - 3 \cdot \frac{1}{3} - 3 \cdot 0 = -4\text{kH};$$

Yuqorida aniqlangan qiymatlarni 1-misolda (8-shakl) hisoblab chiqilgan qiymatlar bilan solishtirish tavsiya etiladi.

8-misol. Berilgan balkaning (30.a-shakl) K_1 , K_2 va K_3 kesimlardagi eguvchi moment miqdori ularning ta'sir chiziqlari yordamida aniqlansin.

M_{k1} ta'sir chizig'i yordamida (30.b-shakl)

$$y_1 = 1,5\text{M}; \quad y_2 = \frac{1}{9}\text{M}; \quad y_3 = -\frac{1}{18}\text{M}; \quad \omega = -\frac{1/2 \cdot 6}{2} = -1,5\text{M}^2.$$

$$M_{k1} = P_1 \cdot y_1 + P_2 \cdot y_2 + P_3 \cdot y_3 + q \cdot \omega = 6 \cdot 1,5 + 9 \cdot \frac{1}{9} - 3 \cdot \frac{1}{18} - 3 \cdot 1,5 = 5,33\text{kHM};$$

M_{k2} ta'sir chizig'i yordamida (30.c-shakl)

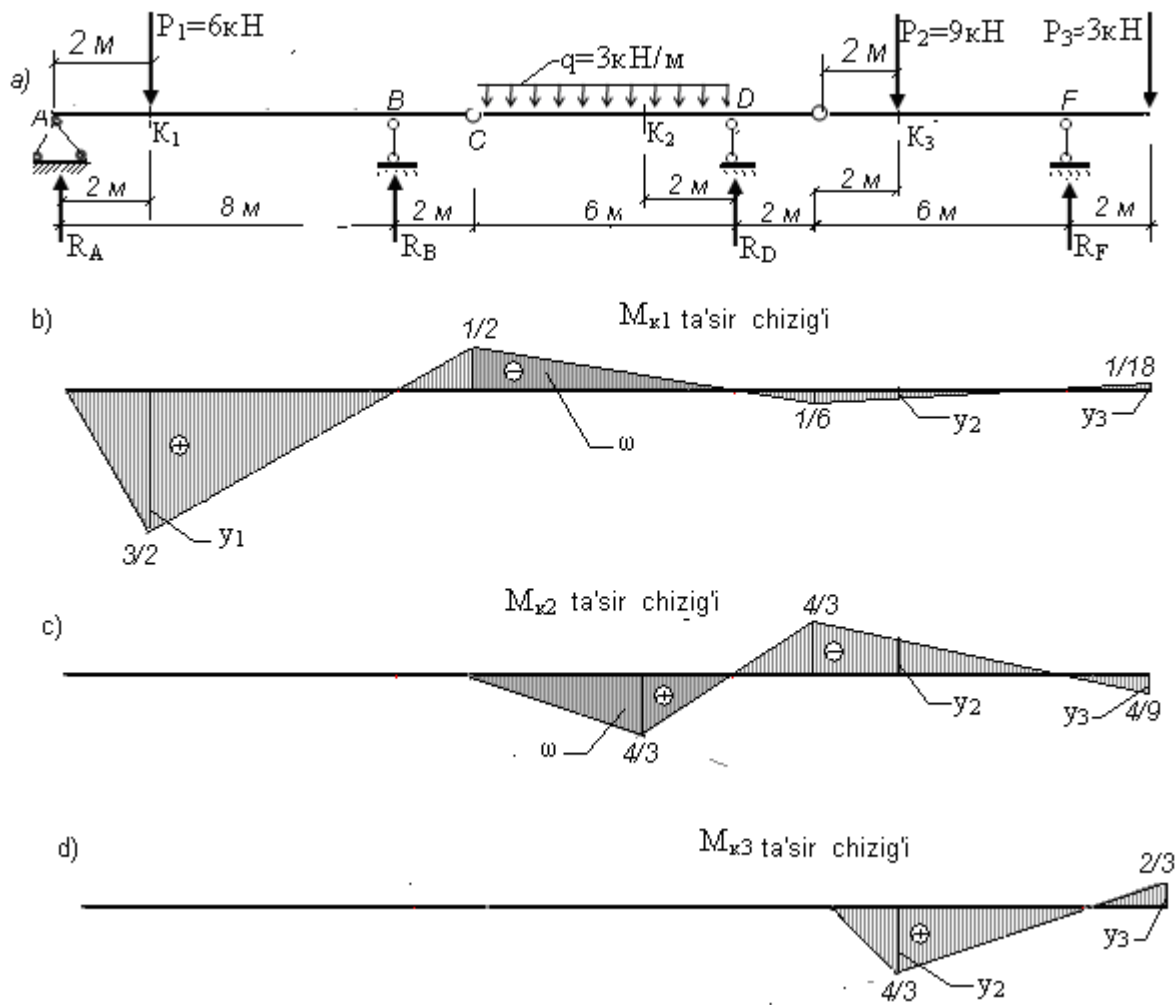
$$y_1 = 0; \quad y_2 = -\frac{8}{9}\text{M}; \quad y_3 = \frac{4}{9}\text{M}; \quad \omega = \frac{4/3 \cdot 6}{2} = 4\text{M}^2;$$

$$M_{k2} = P_1 \cdot y_1 + P_2 \cdot y_2 + P_3 \cdot y_3 + q \cdot \omega = 6 \cdot 0 - 9 \cdot \frac{8}{9} + 3 \cdot \frac{4}{9} + 3 \cdot 4 = 5,33\text{kHM};$$

M_{k3} ta'sir chizig'i yordamida (30.d-shakl)

$$y_1 = 0; \quad y_2 = \frac{4}{3}\text{M}; \quad y_3 = -\frac{2}{3}\text{M}; \quad \omega = 0;$$

$$M_{k3} = P_1 \cdot y_1 + P_2 \cdot y_2 + P_3 \cdot y_3 + q \cdot \omega = 6 \cdot 0 + 9 \cdot \frac{4}{3} - 3 \cdot \frac{2}{3} - 3 \cdot 0 = 10\text{kHM};$$



30-shakl

Yuqorida aniqlangan qiymatlarni 1-misolda (8-shakl) hisoblab chiqilgan qiymatlar bilan solishtirish tavsiya etiladi.

Adabiyotlar

1. Абдурашидов Қ.С., ва бошқалар. Қурилиш механикаси. -Т.: “Ўзбекистон”, 1999.
2. Бычков Д.В., и др. Руководство к практическим занятиям по курсу строительной механики. -М.: “Высшая школа”, 1980.
3. Дарков А.В., и др. Строительная механика. -М.: “Высшая школа”, 1976.
4. Одилхўжаев Э.А., ва бошқалар. Қурилиш механикаси. -Т.: “Ўқитувчи”, 1985.
5. Одилхўжаев Э.А., ва бошқалар. Қурилиш механикасидан мисол ва масалалар. -Т.: “Ўқитувчи”, 1985.
6. Ржаницын А.Р. Строительная механика. -М.: “Высшая школа”, 1991.
7. Смирнов А.Ф., и др. Строительная механика. Стержневые системы. -М.: Стройиздат, 1981.
8. Снитко Н.К., и др. Строительная механика. -М.: “Высшая школа”, 1980.
9. Тўраев Ҳ.Ш., ва бошқалар. Қурилиш механикаси. -Т.: “Молия”, 2002.

MUNDARIJA

	Kirish	3
1.	Qo'zg'almas yuk ta'siridagi ko'p prolyotli statik aniq balkalarni hisoblash	5
2.	Ta'sir matristalari va ular yordamida ichki kuch epyuralarining ordinatalarini aniqlash	9
3.	Ta'sir chiziqlari nazariyasi.....	16
3.1.	Ta'sir chiziqlari to'g'risida tushuncha	16
3.2.	Oddiy balkalarning ta'sir chizig'ini statik usul bilan qurish	17
3.3.	Konsol balka zo'riqishlarining ta'sir chiziqlarini qurish	21
3.4.	Konsolli balkalar zo'riqishlarining ta'sir chiziqlarini qurish	22
4.	Ko'p prolyotli statik aniq balkalar uchun ta'sir chiziqlarini qurish	22
5.	Ta'sir chiziqlari yordamida zo'riqishlarni aniqlash.....	28
	Adabiyotlar	34

Bepul tarqatiladi		Muharrir: Yu.Yu. Nurmetova	
Nashrga ruxsat etildi		Hajmi	
Qog'oz bichimi	60x841/16	Adadi	Buyurtma №.
ToshTYMI bosmaxonasi. Toshkent. Odilxo'jayev ko'chasi, 1.			

