

Өзбекистан республикасы жоқары ҳәм
орта арнаўлы билимлендириў министрлиги

Бердақ атындағы Қарақалпақ мәмлекетлик университети

«Қурылыс» кафедрасы

Т.Узақов, А.Алламбергенов, Н.Сайымбетова

«Қурылыс механикасы »
пәнинен есаплаў – графикалық жұмысларын орынлаў ушын
методикалық қолланба

Нөкис - 2012 ж.

Т.Узақов, А.Алламбергенов, Н.Сайымбетова «Қурылыс механикасы» пәнінен есаплау – графикалық жұмыстарын орынлау үшін методикалық қолланба.

Қолланбада рамаларда, көп аралықты балкаларда, шарнирлі көп аралықты рамаларда хәм үш шарнирлі аркаларда сыртқы күшлерден пайда болатуғын ишкі күшлерди анықлау есаплау–графикалық жұмыстары арқалы мысаларда көрсетілген.

Методикалық қолланба Қарақалпақ мәмлекетлик университети «Қурылыс» кафедрасының мәжлисинде тастыйықлауға усынылды __ санлы баянлама, «__» _____ 2012 ж.

Методикалық қолланба Қарақалпақ мәмлекетлик университети Оқыу–методикалық кеңеси тәрәпинен тастыйықланды хәм басыуға рухсат етилди __ санлы қарары, «__» _____ 2012 ж.

Пиқир билдириушилер:

КИРИСИҰ

Қурылыс механикасы пәни архитектура хәм қурылыс бағдарларының бакалаврлары ушын тийкарғы пәнлердің бири.

Қурылыс механикасы инженерлик пәнлердің тийкары болып, ол қурыўшы бакалаврларға сооружение хәм оның элементлерин үнемли, беккем, шыдамлы хәм дурыс формаларын таңлап есаплаўды үйретеди.

Қурылыс механикасы пәнинде сооружениелерге тәсир етиўши жүклер характерине қарай екиге бөлинеди; сооружениелердің статикасы хәм динамикасы.

Сооружениелер статикасында тәсир етиўши күшлер әсте ақырынлық пенен, яғный статикалық қойылған деп қаралады. Сооружениелер динамикасында болса сыртқы жүклер динамикалық күш деп қаралып (шамасы, хәм бағыты өзгерип турыўшы күш), уақытқа байланыслы үйрениледи.

Қурылыс механикасы пәниниң тийкарғы уазыйпаларынан бири – сооружениелерде сыртқы күшлерден пайда болатуғын ишки зорығыў күшлерин (M_x , Q_x , N_x) анықлаўдан ибарат.

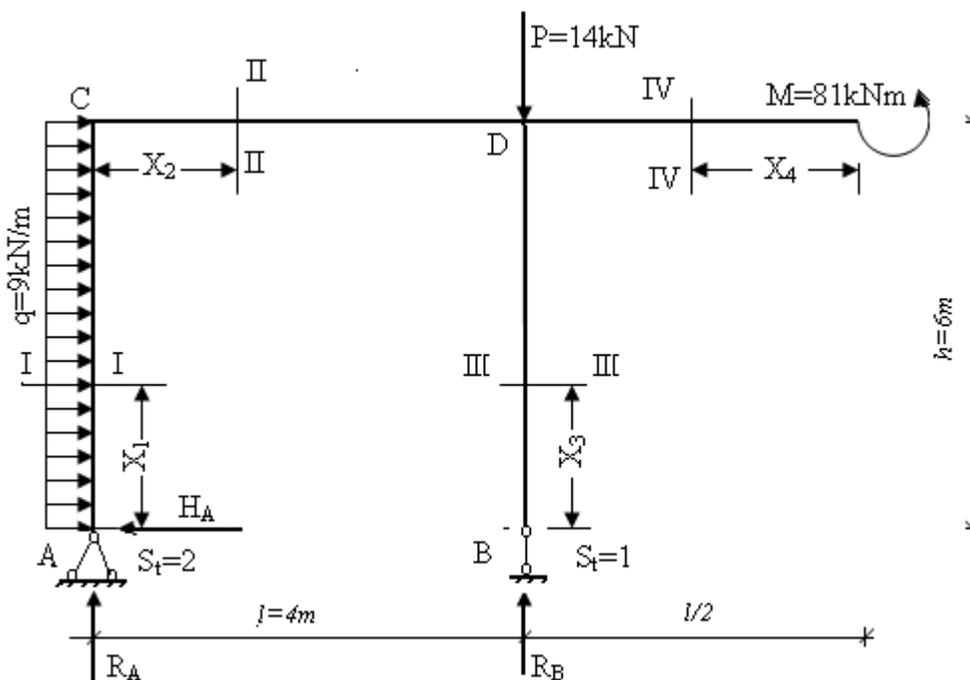
Бул методикалық қолланбада сыртқы күшлерден пайда болатуғын ишки зорығыў күшлерин анықлаў рамаларды, көп аралықлы балкаларды, шарнирли көп аралықла рамаларды хәм үш шарнирли аркаларды есаплаў – графикалық жумыслары арқалы көрсетилген.

I. СТАТИКАЛЫҚ АНЫҚ ӘПИҰАЙЫ РАМАЛАРДЫ ЕСАПЛАҰ

Статикалық анық әпиұайы рамалар төмендеги тәртіпте есапланады:

1. кинематикалық анализленеди;
2. таяныш реакциялары анықланады;
3. стерженлердеги ишки зарығыўлар кесимлер усылы менен анықланады;
4. ишки зорығыўлардың эпюралары қурылады;
5. эпюралардың дурыс қурылғанлығы тексериледи.

Есаптың берилиўи: 1.1 – сүүретте көрсетилген рама ушын сыртқы жүклер тәсиринде пайда болатугын ишки зорығыўлар (M_x – ийиўши момент, Q_x – кесе күш хәм N_x – бойлама күш) есаплансын хәм эпюралары қурылсын.



1.1 – сүүрет.

Шешилиўи: 1) Раманы кинематикалық анализлеў. 1.1-сүүретте көрсетилген раманың таяныш стерженлери $C_t=3$; дисклер саны $D=1$; әпиұайы шарнирлер саны $Sh=0$. Төмендеги формула бойынша раманың еркинлик дәрежесин анықлаймыз:

$$W = 3D - 2Sh - C_t = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 0 - 3 = 0$$

Берилген рама геометриялық өзгермес болыўы ушын оның еркинлик дәрежеси нольге тең болыўы шәрт. Бул раманың геометриялық дүзилисин қарасақ, бир диск А хәм В таянышлардағы бир туўры сызықта кесилиспейтуғын хәм бир

бирине параллель болмаған 3 дана стерженлер арқалы тийкарға беккемленген. Демек бул рама геометриялық өзгермес болып есапланады.

2) *Раманың таяныш реакцияларын анықлау.* Раманың А таянышындағы вертикал R_A хәм H_A , В таянышында вертикал R_B таяныш реакциялары пайда болады. Статика теңсалмақлылық теңлемеси жәрдемінде раманың таяныш реакцияларын анықлаймыз:

$$\sum X = 0; \quad -H_A + qh = 0;$$

$$\sum M_A = 0; \quad -R_B \cdot l + P \cdot l - M + q \cdot h \cdot \frac{h}{2} = 0;$$

$$\sum M_B = 0; \quad R_A \cdot l + q \cdot h \cdot \frac{h}{2} - M = 0;$$

Бул теңлемелерден:

$$H_A = qh = 9 \cdot 6 = 54 \text{ kN};$$

$$R_B = \frac{P \cdot l - M + q \frac{h^2}{2}}{l} = \frac{14 \cdot 4 - 81 + 162}{4} = \frac{137}{4} = 34,25;$$

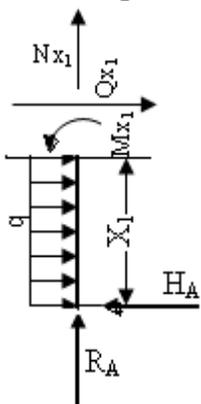
$$R_A = \frac{-q \frac{h^2}{2} + M}{l} = \frac{-162 + 81}{4} = \frac{-81}{4} = -20,25;$$

Тексеріу:

$$\sum Y = 0; \quad R_A - P + R_B = -20,25 - 14 + 34,25 = 0;$$

Демек, раманың таяныш реакциялары дурыс есапланылған.

3) *Рама стерженлеринің кесімлеріндеги ишки зорығыуларды анықлау.* Раманы характерли кесімлерге бөліп, өзгеріу шегарасын анықлаймыз. Берілген кесімлердеги ишки зорығыу күшлерин есаплаймыз.



АС аралығы үшін I-I кесім береміз.

I-I кесімнің өзгеріу шегарасы:

$$0 \leq x_1 \leq h = 6 \text{ m.}$$

$$M_{x_1} = H_A \cdot x_1 - \frac{qx_1^2}{2};$$

$$x_1 = 0; \text{ болса } M_{x_1} = 0;$$

$$x_1 = \frac{h}{2}; \text{ болса } M_{x_1} = 54 \cdot 3 - \frac{9 \cdot 3^2}{2} = 121,5 \text{ kNm};$$

$$x_1 = h; \text{ болса } M_{x_1} = 54 \cdot 6 - \frac{9 \cdot 6^2}{2} = 162 \text{ kNm};$$

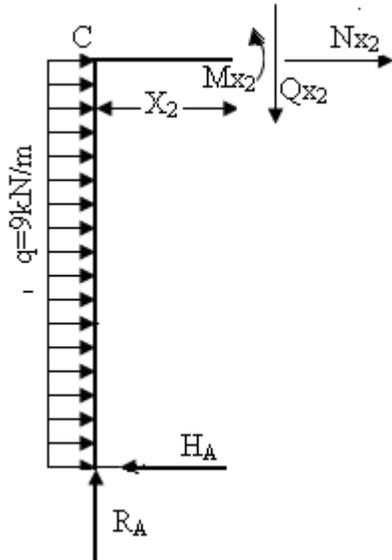
$$-Q_{x_1} - qx_1 + H_A = 0; \quad Q_{x_1} = -qx_1 + H_A;$$

$$x_1 = 0; \quad Q_{x_1} = -9 \cdot 0 + 54 = 54 \text{ kN};$$

$$x_1 = h; \quad Q_{x_1} = -9 \cdot 6 + 54 = -54 + 54 = 0;$$

$$N_{x_1} + R_A = 0; \quad N_{x_1} = -R = -20,25 \text{ kN};$$

СД аралығы үшін II – II кесім береміз.



II – II кесімнің өзгеріу шегерасы:

$$0 \leq x_2 \leq l = 4 \text{ m}$$

$$N_{x_2} - H_A + qh = 0; \quad N_{x_2} = H_A - qh = 54 - 54 = 0;$$

$$-Q_{x_2} + R_A = 0; \quad Q_{x_2} = R_A = -20,25 \text{ kN};$$

$$M_{x_2} = R_A \cdot x_2 + H_A \cdot h - q \cdot \frac{h^2}{2};$$

$$x_1 = 0;$$

$$M_{x_2} = -20,25 \cdot 0 + 54 \cdot 6 - 9 \cdot 6 \cdot \frac{6}{2} = 324 - 162 = 162 \text{ kNm};$$

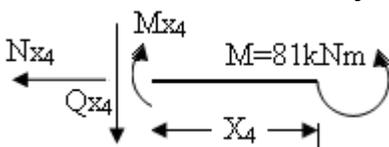
$$x_1 = 4 \text{ m};$$

$$M_{x_2} = -20,25 \cdot 4 + 54 \cdot 6 - 9 \cdot 6 \cdot \frac{6}{2} = -81 + 324 - 162 = 81 \text{ kNm};$$

ВД бөлімі үшін III – III кесім береміз.

	<p>III – III кесімнің өзгеріу шегерасы:</p> $0 \leq x_1 \leq h = 6 \text{ m}.$ $M_{x_3} = 0;$ $Q_{x_3} = 0;$ $N_{x_3} + R_B = 0;$ $N_{x_3} = -R_B = -34,25 \text{ kN};$
--	---

Консоль бөлімі үшін IV – IV кесім береміз.



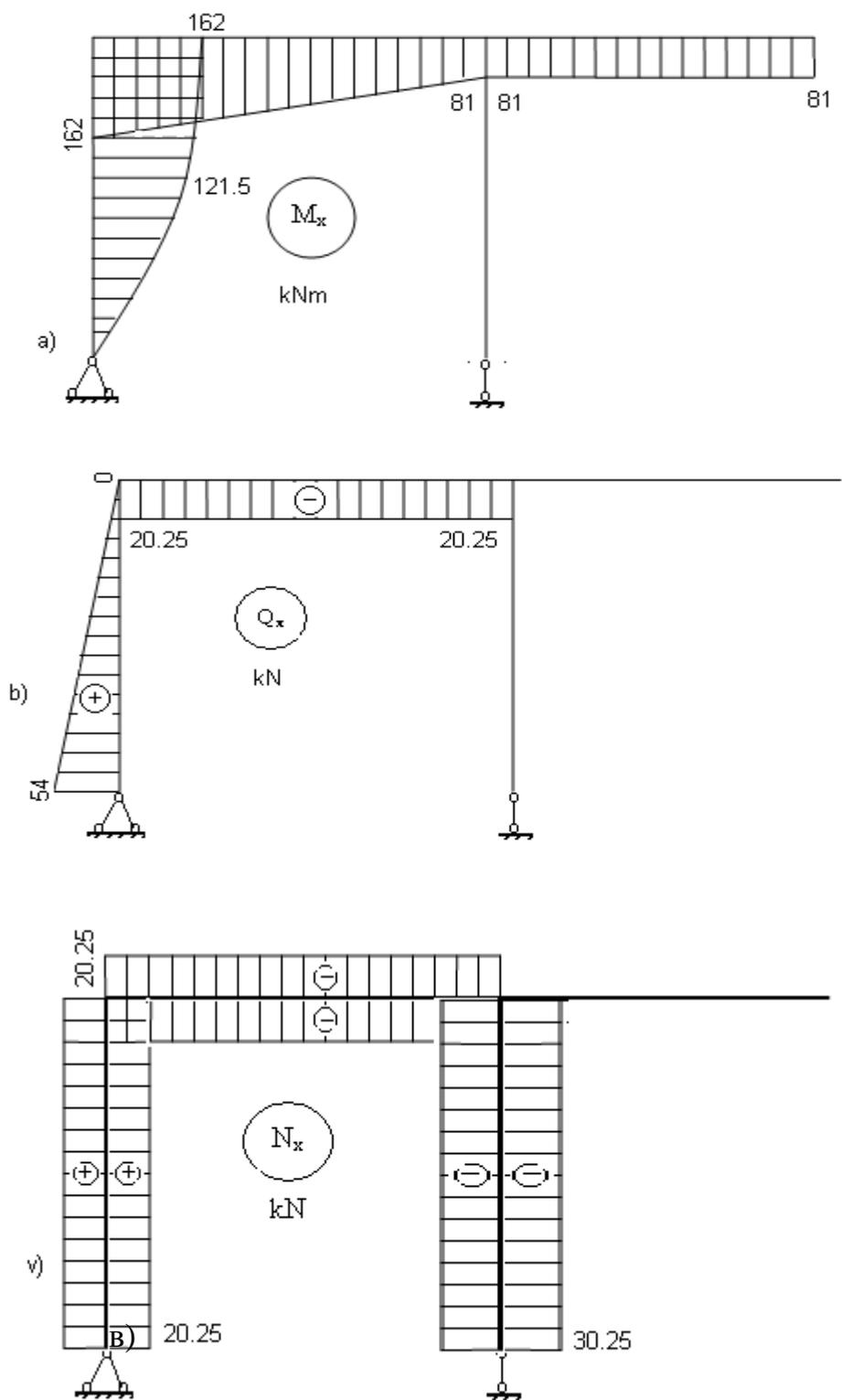
IV – IV кесімнің өзгеріу шегерасы:

$$0 \leq x_2 \leq l/2 = 2 \text{ m}$$

$$M_{x_4} = 81 \text{ kN};$$

$$Q_{x_4} = 0; \quad N_{x_4} = 0;$$

4) *Ишки зорығыўлар эпюраларын қурыў.* Жоқарыда анықланған ишки зорығыўлардың мәнисине тийкарланып эпюраларын қурамыз. Бул эпюралар 1.2.а,б, в - сүүретлеринде көрсетилген:

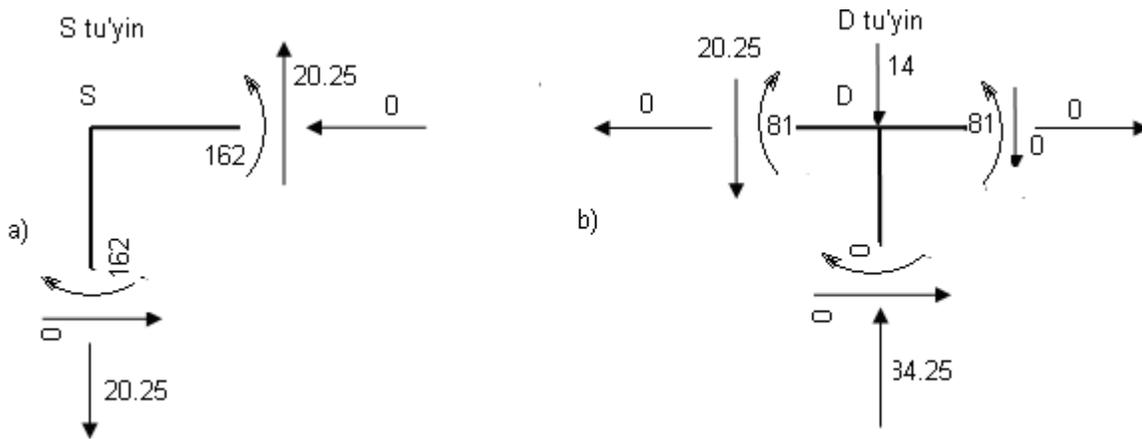


1.2 – сүүрет.

5) Эпюралардың дурыс құрылғанлығын тексеріу. M_x , Q_x , N_x эпюраларының дурыс құрылғанлығын тексеріу үшін рама түйинлерінің теңсалмақлылығын тексеріп көреміз. Дәслеп, С түйінін кесіп алып, түйінге таслап жіберілген бөлімі үшін ішкі зорығыулардың тәсірін қоямыз (1.3.а-сүүрет) хәм түйіннің теңсалмақлылығын тексереміз:

$$\begin{aligned} \sum X &= 0; & Q_{ac} - N_{cd} &= 0 - 0 = 0; \\ \sum Y &= 0; & Q_{cd} - N_{ca} &= 20,25 - 20,25 = 0; \\ \sum M_c &= 0; & M_{dc} - M_{ac} &= 162 - 162 = 0; \end{aligned}$$

Теңсалмақлық шәртилері орынланғанлығынан АС, хәм СД стерженлердегі эпюралар дурыс құрылған. Теңсалмақлылық шәрти орынланды. Демек, С түйіні теңсалмақлылықта екенлиги АС хәм СД стерженлеріндегі эпюралар дурыс құрылғанлығын көрсетеди



1.3 – сүүрет.

Д түйінінің теңсалмақлылығын тексереміз. Буның үшін Д түйінін берілген рамадан ажыратамыз хәм раманың кесіп тасланған бөлімінің ішкі зорығыуларының тәсірлерін қоямыз (1.3.б-сүүрет) хәмде түйіннің теңсалмақлылығын тексереміз:

$$\begin{aligned} \sum X &= 0; & Q_{вд} - N_{cd} + N_{дк} &= 0 - 0 + 0 = 0; \\ \sum Y &= 0; & -Q_{cd} + N_{вд} - P &= -20,25 + 34,35 - 14 = 0; \\ \sum M_d &= 0; & M_{cd} - M_{вд} - M_d &= 81 - 0 - 81 = 0; \end{aligned}$$

Теңсалмақлық шәртилері орынланғанлығынан СД, ВД хәм ДК стерженлердегі эпюралар дурыс құрылған екенлиги келип шығады.

Раманың барлық стерженлеріндегі ішкі зорығыулардың эпюралары дурыс құрылған.

II. КӨП АРАЛЫҚЛЫ СТАТИКАЛЫҚ АНЫҚ ШАРНИРЛИ БАЛКАЛАРДЫ ЕСАПЛАҰ

Көп аралықлы статикалық анық шарнирли балкалар қозғалмас сыртқы жүклер тәсірине төмендегі тәртіпте есапланады

1. Көп аралықлы статикалық анық балкадағы шарнирлер саны формула жәрдемінде тексериледи хәм олардың жайласыуы кинематикалық анализленеди.

2. Балка бөлімлериниң өз-ара байланысы, қабатлар схемасы қурылып, тийкарғы, жәрдемши, аспа балкалар белгиленеди.

3. Есаплау, таяныш реакцияларын анықлау, ийиуши момент хәм кесе күш эпюраларын қурыу аспа балкадан басланады.

4. Тийкарғы хәм жәрдемши балкалар ушын ийиуши момент хәм кесе күш эпюраларын сызыуда оған қойылған сыртқы жүклер қатарында, оның ушларына таянған аспа балкалардың таяныш реакциялары кері бағытта есапқа алынады.

5. Тийкарғы, жәрдемши хәм аспа балкалардың ийиуши момент хәм кесе күш эпюралары сызылғаннан кейин олар бір координаталар системасына келтирилип, көп аралықлы балка ушын улыума ийиуши момент хәм кесе күш эпюралары қурылады хәм тексериледи.

Есаптың берилиуі: 2.1а-сүүретте көрсетілген қозғалмас сыртқы жүклер тәсіріндегі көп аралықлы шарнирли балка ушын ийиуши момент хәм кесе күш эпюралары қурылсын.

Шешилиуі: 1) 2.1а- сүүретте берілген балканы кинематикалық анализлеу. Төмендегі формула жәрдемінде балкадағы шарнирлер санын анықлаймаз

$$sh = s_i - 3 = 6 - 3 = 3$$

Көп аралықлы балкада 3 дана шарнир болып, олар шарнирлерди жайластыруу қағыйдасына мууапық қойылған. Демек, көп аралықлы шарнирли балка геометриялық өзгермес болып, статикалық анық екен.

2) Балка элементлериниң өз-ара байланысы қабатлар схемасы 2.1,б-сүүретте көрсетілген болып, онда тийкарғы, жәрдемши хәм аспа балкалар белгилеп көрсетілген.

3) Жоқарыда көрсетип өткенимиздей есаплау аспа Ш₁Ш₂ балкадан басланады. Дәслеп балканың таяныш реакцияларын анықлаймыз (2.1.в – сүүрет):

$$\sum M_{shl} = -R_{sh2} \cdot 3 + q \cdot 3 \cdot 1.5 = 0, \text{ бунда } R_{sh2} = \frac{q \cdot 3 \cdot 1.5}{3} = 3kN.$$

$$\sum M_{sh2} = R_{sh1} \cdot 3 - q \cdot 3 \cdot 1.5 = 0, \text{ бунда } R_{sh1} = \frac{q \cdot 3 \cdot 1.5}{3} = -3kN.$$

Тексеріу: $\sum Y = R_{sh1} + R_{sh2} - q \cdot 3 = 3 + 3 - 2 \cdot 3 = 0$

Демек, таяныш реакциялары дурыс анықланған. Әпиұайы кесімлер усылынан пайдаланып, M_x , Q_x зорығыулар ушын теңлемелер дүземиз:

$$M_{x1} = R_{sh1} \cdot x_1 - q \frac{x_1^2}{2} = 3 \cdot x_1 - 2 \frac{x_1^2}{2};$$

$$Q_{x1} = R_{sh1} - q \cdot x_1 = 3 - 2 \cdot x_1;$$

$$0 \leq x_1 \leq 3m \quad \text{аралығында өзгереді.}$$

Егер $x_1 = 0$ болса $M_{x1} = 0$; $Q_{x1} = 3 - 2 \cdot 0 = 3kN$;

$x_1 = 1.5$ болса $M_{x1} = 3 \cdot 1.5 - \frac{2}{2} \cdot 1.5^2 = 2.25kNm$;

$$Q_{x1} = 3 - 2 \cdot 1.5 = 0 \quad Q_{x1} = 0;$$

$x_1 = 3m$ болса $M_{x1} = 0$; $Q_{x1} = 3 - 2 \cdot 3 = -3kN$;

Бул ординаталар тийкарында M_x хәм Q_x эпюралары сызылады. Ийиуши момент эпюрасы парабола нызамы менен өзгереді (2.1.в – сүүрет).

4) *Жәрдемши ШЗЕ балкасын есаплау*. Балканың таяныш реакцияларын анықлаймыз(2.1.г–сүүрет):

$$\sum M_{sh3} = -R_E \cdot 6 + P_2 \cdot (3+6) + q \cdot 6 \cdot 3 = 0, \quad \text{буннан} \quad R_E = \frac{8 \cdot 9 + 4 \cdot 6 \cdot 3}{6} = 24kN.$$

$$\sum M_E = R_{sh3} \cdot 6 + P_2 \cdot 3 - q \cdot 6 \cdot 3 = 0, \quad \text{буннан} \quad R_{sh3} = \frac{4 \cdot 6 \cdot 3 - 8 \cdot 3}{6} = 8kN.$$

Тексеріу: $R_{sh3} + R_E - q \cdot 6 - P_2 = 8 + 24 - 4 \cdot 6 - 8 = 0$

Балканы аралықларға бөлип, M_x хәм Q_x ушын теңлемелер дүземиз

Биринши аралық $0 \leq x_1 \leq 6m$:

$$M_{x1} = R_{sh3} \cdot x_1 - q \frac{x_1^2}{2} = 8 \cdot x_1 - \frac{4}{2} x_1^2;$$

$$Q_{x1} = R_{sh3} - q \cdot x_1 = 8 - 4x_1;$$

Егер $x_1 = 0$ болса $M_{x1} = 0$; $Q_{x1} = 8 - 4 \cdot 0 = 8kN$;

$x_1 = 3$ болса $M_{x1} = 8 \cdot 3 - 4 \cdot \frac{3^2}{2} = 6kNm$

$x_1 = 6m$ болса $M_{x1} = 8 \cdot 6 - 4 \cdot \frac{6^2}{2} = -24kNm$;

$$Q_{x1} = 8 - 4 \cdot 6 = -16kN;$$

Екинши аралық

$$M_x = -P \cdot x$$

$$Q_{x1} = P = 8kN$$

$x_1 = 0$ болса $M_x = 0$;

$x_1 = 3m$ $M_x = -8 \cdot 3 = -24kN$

Ийиуши момент теңлемеси екінші тәртіпті болғанлығы себепті, оның эпюрасы парабола нызамы менен өзгереді. Максимал ийиуши моменттердің мәнісін анықлау үшін ийиуши момент теңлемесінен x бойынша бір мәрте туғынды аламыз, яғни кесе күш теңлемесін нольге теңлейміз, Журавский теоремасына муапық

$$Q_{x1} = \frac{dM_x}{dx}.$$

$$x_1 = \frac{R_{sh3}}{q}, \text{ буннан } x_1 = \frac{8}{4} = 2\text{ м}.$$

Демек, максимал ийиуши моменттің мәнісі балканың шеп таянышында 2 м аралықтағы кесімде жүзеге келеді хәм оның мәнісі төмендегіше анықланады:

$$M_{\max} = R_{sh3} \cdot x_1 - q \frac{x_1^2}{2} = 8 \cdot 2 - 4 \frac{2^2}{2} = 8\text{ kNm}.$$

Екінші аралық

$$0 \leq x_1 \leq 3\text{ м};$$

$$M_{x2} = -R_{sh2} \cdot x_2 = -8 \cdot x_2 \quad Q_{x1} = P_2 = 8\text{ kNm};$$

Егер $x_2 = 0$ болса $M_{x2} = 0$; $x_2 = 3\text{ м}$ болса $M_{x2} = -8 \cdot 3 = -24\text{ kNm}$;

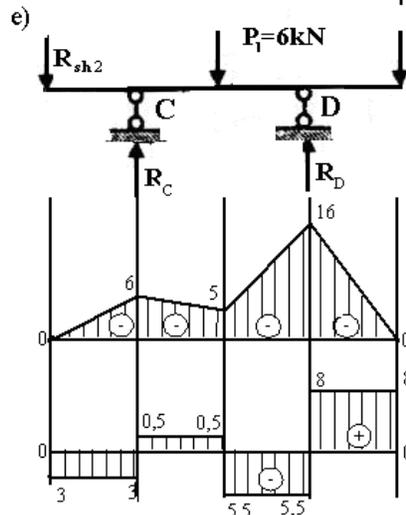
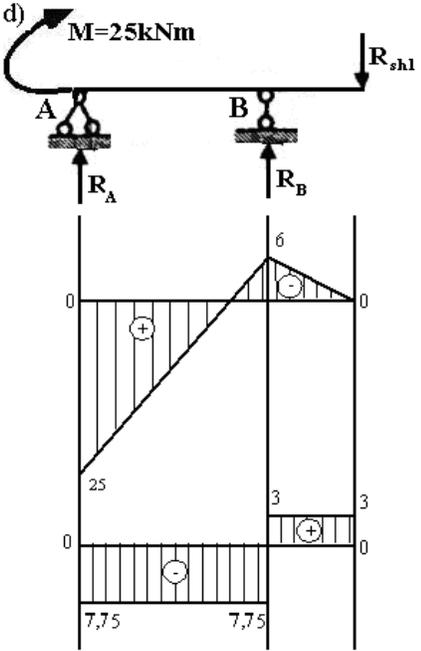
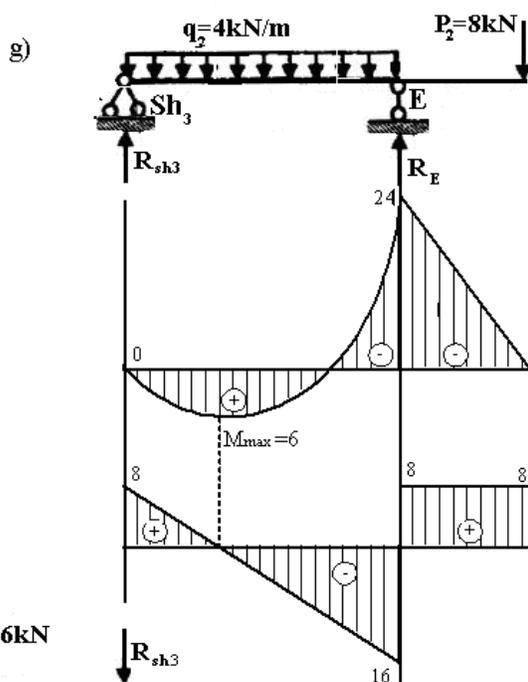
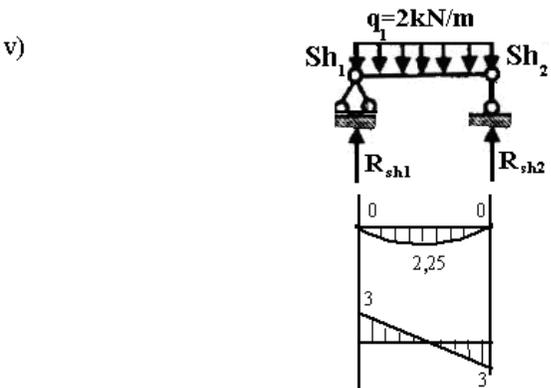
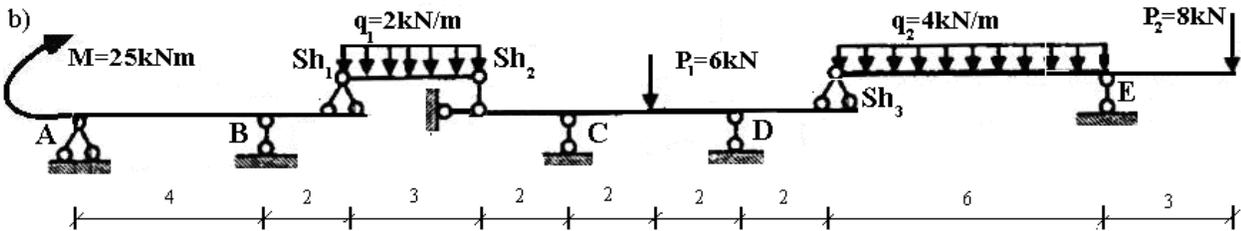
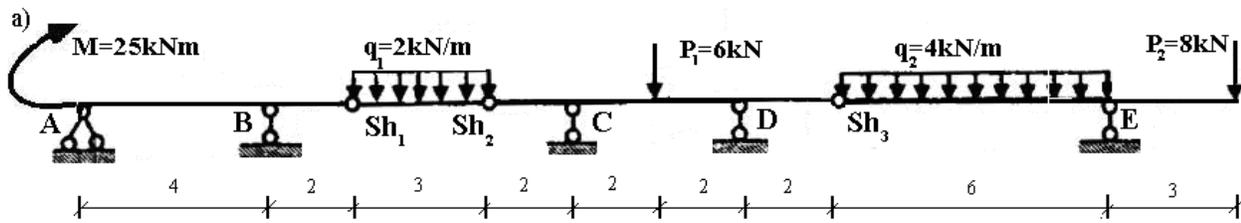
Топланған мәніслер тийкарында M_x хәм Q_x эпюраларын сызамыз (2.1.г – сүүрет).

5) *Тийкаргы АВШ₁ балканы есаплау*. Бул балка Ш₁ шарнирине таянған Ш₁Ш₂ аспа балканың тәсирин $R_{ш1}$ реакция күши кері бағытта қойылып, R_A хәм R_B таяныш реакцияларын анықлаймыз M_x хәм Q_x эпюраларын сызамыз (2.1.д – сүүрет).

$$\sum M_A = -R_{sh1} \cdot 6 + M - R_v \cdot 4 = 0, \text{ буннан } R_v = \frac{M + R_{sh1} \cdot 6}{4} = 10.75\text{ kN}.$$

$$\sum M_A = R_{sh1} \cdot 2 + M + R_A \cdot 4 = 0, \text{ буннан } R_A = \frac{-M - R_{sh1} \cdot 2}{4} = -7.75\text{ kN}.$$

$$\text{Тексеріу: } \sum Y = R_v + R_A - R_{sh1} = 10.75 - 7.75 - 3 = 0$$



2.1 – сүүпер

Биринши аралық ($0 \leq x_1 \leq 2$ м) үшін M_x хәм Q_x ушын теңлемелер дүзип, олардың ординаталарын анықламыз:

$$M_{x1} = M - R_A \cdot x_1; \quad -Q_{x1} - R_A = 0; \quad Q_{x1} = R_A$$

Егер $x_1 = 0$ болса $M_{x1} = 25 + (-7.75) \cdot 4 = -6kNm$ $M_{x1} = 25$;

$x_1 = 4m$ болса $M_{x1} = -6$;

Екинши аралық $0 \leq x_2 \leq 2m$

$$M = -R_{sh1} \cdot x_2 \quad Q = R_{sh1} = 3kN$$

$$x = 0 \quad M = 0 \quad x = 2 \quad M = -6kNm$$

Анықланған шамалар тийкарында M_x хәм Q_x эпюраларын сызамыз (2.1.д – сүүрет).

б) *Тийкаргы Ш₂СДШ₃ балканы есаплаў.* Балка Ш₂ шарнирине таянған Ш₁Ш₂ аспа балкаларының тәсирин $R_{Ш2}$ реакциясы арқалы хәм Ш₃ шарнирине таянған Ш₃Е жәрдемши балканың тәсирин $R_{Ш3}$ реакциясы менен кері бағытта алмастырып, дәслеп R_D хәм R_C таяныш реакцияларын анықлаймыз.

$$\sum M_s = -R_D \cdot 4 + R_{sh3} \cdot 6 + P \cdot 2 - R_{sh2} \cdot 2 = 0,$$

$$\text{буннан } R_D = \frac{P \cdot 2 - R_{sh2} \cdot 2 + R_{sh3} \cdot 6}{4} = \frac{6 \cdot 2 + 8 \cdot 6 - 3 \cdot 2}{4} = 13,5kN .$$

$$\sum M_D = R_s \cdot 4 + R_{sh3} \cdot 2 + M - P \cdot 2 - R_{sh2} \cdot 6 = 0,$$

$$\text{буннан } R_s = \frac{3 \cdot 6 + 6 \cdot 2 - 8 \cdot 2}{4} = 3,5kN \quad R_s = 3,5kN .$$

$$\text{Тексерий: } \sum Y_i = R_s + R_D - R_{sh2} - R_{sh3} - P_1 = 3,5 + 6 - 3 - 8 - 6 = 0$$

Балканы аралықларға бөлип, M_x хәм Q_x ушын теңлемелер дүземиз (2.1.е – сүүрет).

Биринши аралық: $0 \leq x_1 \leq 2m$.

$$M_{x1} = -R_{sh2} \cdot x_1 = -3 \cdot x_1; \quad Q_{x1} = -R_{sh2} = -3kN;$$

Егер $x_1 = 0$ болса $M_{x1} = 0$;

$x_1 = 2m$ болса $M_{x1} = -3 \cdot 2 = 6kNm$;

Екинши аралық: $0 \leq x_2 \leq 2m$

$$M_{x2} = -R_{sh2}(2 + x_2) + R_s \cdot x_2;$$

$$Q_{x2} = -R_{sh2} - R_s = -3 + 3,5 = 0,5kN;$$

Егер $x_2 = 0$ болса $M_{x2} = -6kNm$;

$x_2 = 2m$ болса $M_{x1} = -3 \cdot (2 + 2) + 3,5 \cdot 2 = -5kNm$;

Үшинши аралық: $0 \leq x_3 \leq 2m$

$$M_{x3} = -R_{sh3} \cdot x_2; \quad Q_{x3} = R_{sh3} = 8kN;$$

Егер $x_3 = 0$ болса $M_{x3} = 0$;

$$x_3 = 2m \text{ болса } M_{x3} = -8 \cdot 2 = -16kNm;$$

Төртінші аралық: $0 \leq x_4 \leq 2m$

$$M_{x4} = -R_{sh2}(4 + x_4) + R_s(2 + x_2) - P_1 \cdot x_4;$$

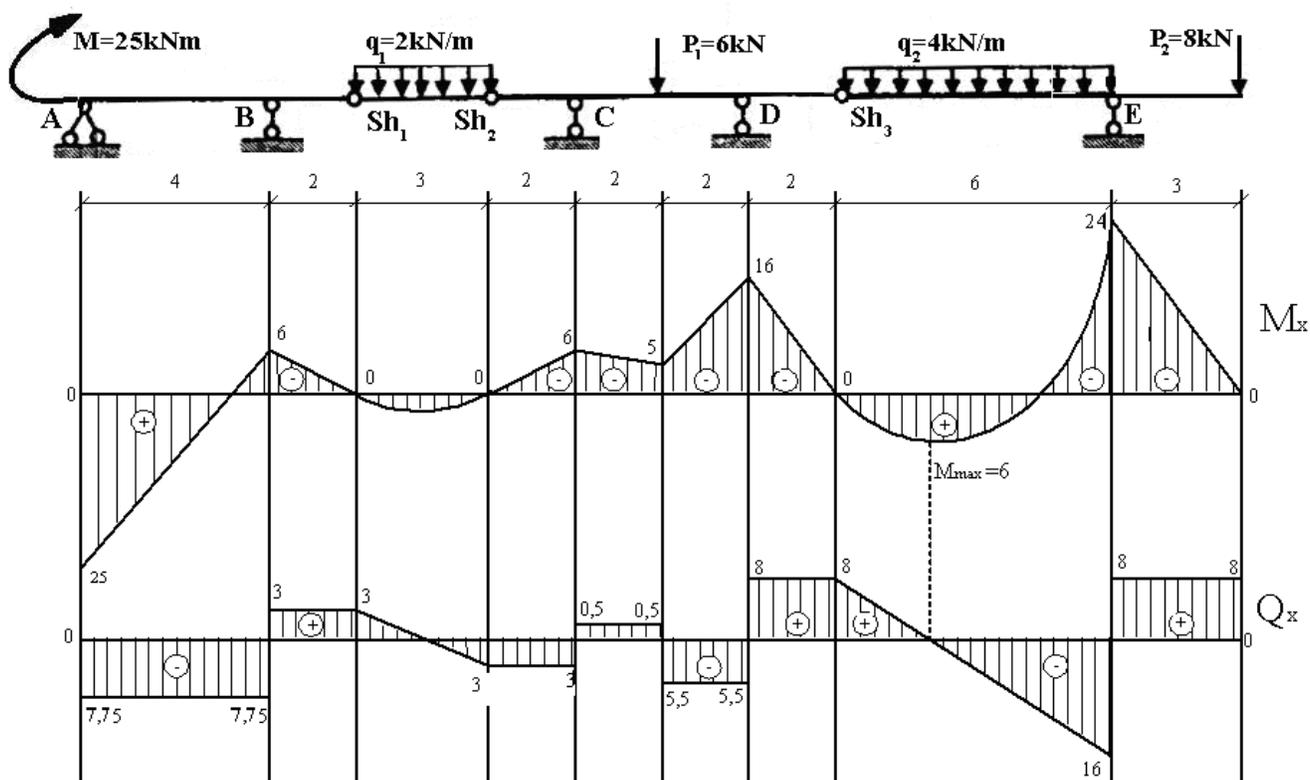
$$Q_{x4} = -R_{sh2} + R_s - P_s = -3 + 3.5 - 6 = -5.5kN;$$

Егер $x_4 = 0$ болса $M_{x4} = -5kNm;$

$$x_4 = 2m \text{ болса } M_{x4} = -3 \cdot 6 + 3.5 \cdot 4 - 6 \cdot 2 = -16kNm;$$

Анықланған шамалар тийкарында M_x хәм Q_x эпюраларын сызамыз (2.1,е – сүүрет).

7) Аспа, жәрдемши хәм тийкаргы балкалар ушын сызылған M_x хәм Q_x эпюраларын бир координаталар системасына келтирип, көп аралықлы балканың ийиүши момент (M) хәм кесе күш (Q) эпюраларын курамыз. Бул эпюралар 2.2-сүүретте көрсетилген.



2.2-сүүрет

III. КӨП АРАЛЫҚЛЫ, КӨП ҚАБАТЛЫ СТАТИКАЛЫҚ АНЫҚ ШАРНИРЛИ РАМАЛАРДЫ ЕСАПЛАҰ

Көп аралықлы ямаса көп қабатлы статикалық анық шарнирли рамалар қозғалмас сыртқы жүклер тәсірине төмендегі тәртіпте есапланады:

1. Көп аралықлы хәм көп қабатлы статикалық анық шарнирли рама кинематикалық анализленеди.

2. Көп аралықлы хәм көп қабатлы статикалық анық шарнирли раманың қабатлар схемасы дүзилип, тийкарғы хәм жәрдемши рамалар белгиленеди.

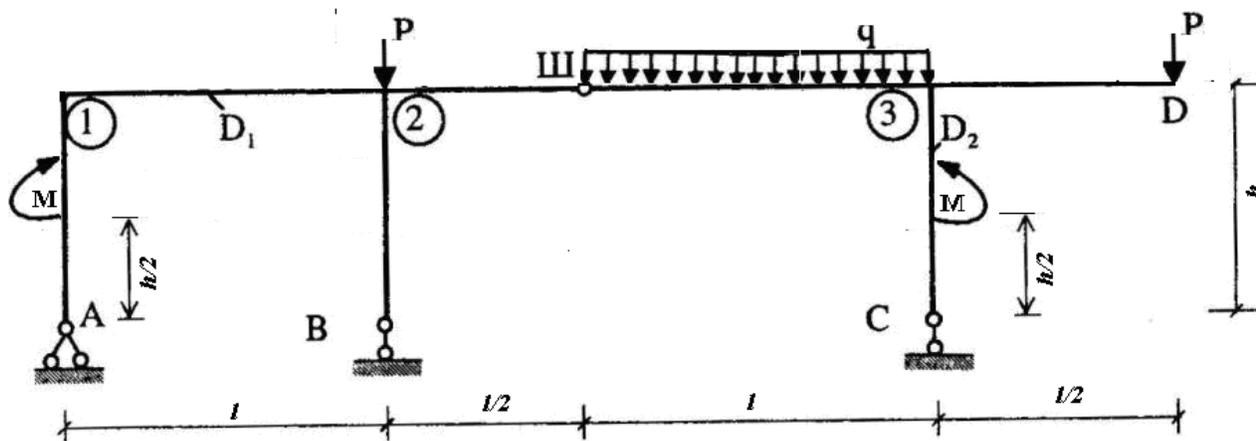
3. Ийиўши момент, кесе хәм бойлама күш эпюраларын қурыў жәрдемши рамадан басланады. Егер жәрдемши рамалар бир нешше болса, есаплаў жәрдемши раманың ең жоқарғы қабаттағысынан басланады.

4. Тийкарғы раманы есаплаўда оған қойылған сыртқы жүклер қатарында, оған таянған жәрдемши рамалардың таяныш реакциялары кері бағытта тәсир еттирилип есапқа алынады.

5. Тийкарғы хәм жәрдемши рамалар ушын ийиўши момент, кесе хәм бойлама күш эпюралары сызылғаннан кейин олар бир координаталар системасына келтирилип, берилген көп аралықлы ямаса көп қабатлы статикалық анық рама ушын улыўма ийиўши момент, кесе хәм бойлама күш эпюралары қурылады.

6. Берилген көп аралықлы ямаса көп қабатлы статикалық анық шарнирли рама ушын қуралған улыўма ийиўши момент, кесе хәм бойлама күш эпюраларының дурыслығы тексериледи.

Есаптың берилиўи: 3.1 – сүўретте көрсетилген қозғалмас сыртқы жүклер $M=70\text{кНм}$, $P=22\text{кН}$, $q=3\text{кН/м}$, тәсириндегі көп аралықлы $l=6\text{м}$, $h=4\text{м}$ статикалық анық шарнирли рама ушын ийиўши момент, кесе хәм бойлама күш эпюралары қурылсын.



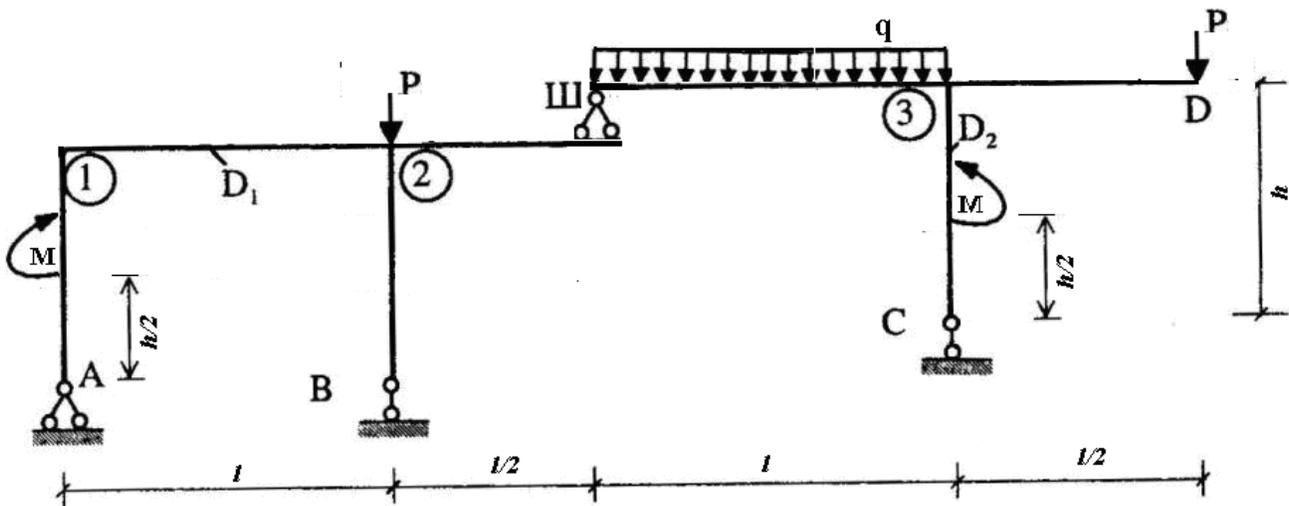
3.1 – сүўрет

Шешилиўи: 1) Берилген раманы кинематикалық анализлеў. 3.1 – сүүреттеги рамада дисклер саны $D = 2$, шарнирлер саны $Ш = 1$, таяныш стерженлер саны $C_T = 4$ ке тең. Төмендеги формуладан пайдаланып, берилген раманың еркинлик дәрежесин анықлаймыз:

$$W = 3D - 2\text{Ш} - \tilde{N}_0 = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 1 - 4 = 0$$

Раманың дүзилисин тексерсек, АВШ раманы қураўшы D_1 диск тийкарға бир – бирине параллел емес ҳәм бир точкада кесилиспейтуғын үш таяныш стержени арқалы бирлестирилгенлиги себепли геометриялық өзгермес болып табылады. Бул D_1 дискке ШСД раманы қураўшы D_2 диск бир шарнир ҳәм шарнир орайынан өтпеген бир таяныш стержени арқалы тийкарға бирлестирилгенлиги себепли геометриялық өзгермес деп есапланады. Демек, берилген рама статикалық анық ҳәм геометриялық өзгермес.

2) Берилген раманың қабатлар схемасын қурыў. Раманың қабатлы схемасы ҳәм ондағы тийкарғы ҳәм жәрдемши рамалар 3.2 – сүүретте көрсетилген. АВШ тийкарғы, ШСД жәрдемши рама деп аталады.



3.2 – сүүрет

3) Жәрдемши ШСД раманы есаплаў. (3.3 – сүүрет, а).

Дәслеп, жәрдемши ШСД раманың таяныш реакцияларын анықлаймыз.

$$\sum M_{Ш} = -R_c \cdot l + q \frac{l^2}{2} + P(l + \frac{l}{2}) - M = 0$$

$$R_c = \frac{q \frac{l^2}{2} + P(l + \frac{l}{2}) - M}{l} = \frac{3 \frac{36}{2} + 22 \cdot 9 - 70}{6} = 30.33 \text{ кН}$$

$$\sum M_c = R_{sh} \cdot l - q \frac{l^2}{2} + P \frac{l}{2} - M = 0$$

$$R_{sh} = \frac{q \frac{l^2}{2} - P \frac{l}{2} + M}{l} = \frac{3 \frac{36}{2} - 22 \cdot 3 + 70}{6} = 9.67 \text{ кН}$$

Тексеріу:

$$\sum Y = R_{sh} + R_c - q \cdot l - P = 9.67 + 30.33 - 3 \cdot 6 - 22 = 0$$

$$\sum X = H_{sh} = 0$$

Жәрдемши ШСД рама үшін ийіуші момент M_x , кесе күш Q_x бойлама күш N_x эпюраларын курамыз. Буның үшін раманы аралықларға бөліп, раманың стерженлерине характерли кесімлер беріп, өзгеріу шегерасын анықлаймыз. Абциссалар көшерин стерженлер көшери бойлап бағдарлаймыз. Кесімлердеги ишки зорығуларды есаплаймыз.

Ш-3 аралығы үшін I-I кесім береміз. I-I кесім үшін өзгеріу областы: $0 \leq x_1 \leq 6 \text{ м}$.

$$M_{x1} = R_{sh} \cdot x_1 = 9.67x_1; \quad Q_{x1} = R_{ш} = 8 \text{ кН}; \quad N_{x1} = -H_{ш1} = 11,2 \text{ кН};$$

Егер $x_1 = 0$ болса, $M_{x1} = 0$; $x_1 = 5 \text{ м}$ болса, $M_{x1} = 40 \text{ кНм}$.

С3 аралығындағы ишки зорығуларды анықлау үшін II-II кесім береміз. II-II кесімі үшін өзгеріу областы: $0 \leq x_2 \leq 5 \text{ м}$.

$$M_{x2} = H_c \cdot x_2; \quad Q_{x2} = -H_c = -11,2 \text{ кН}; \quad N_{x2} = 0;$$

Егер $x_2 = 0$ болса, $M_{x2} = 0$; $x_2 = 5 \text{ м}$ болса, $M_{x2} = 56 \text{ кНм}$.

D3 аралығындағы ишки зорығуларды анықлау үшін III-III кесім береміз. III-III кесімі үшін өзгеріу областы:

$$0 \leq x_3 \leq 4 \text{ м}$$

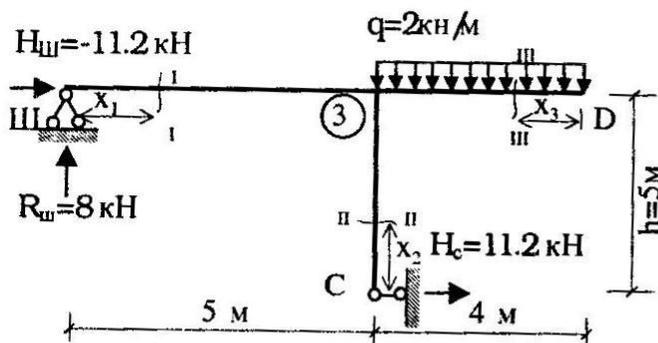
$$M_{x3} = -q \frac{\tilde{d}_3^2}{2} = -\tilde{d}_3^2; \quad Q_{x3} = qx_3 = 2x_3; \quad N_{x3} = 0;$$

Егер $x_3 = 0$ болса, $M_{x3} = 0$; $Q_{x3} = 0$;
 $x_3 = 2 \text{ м}$ болса, $M_{x3} = -4 \text{ кНм}$; $Q_{x3} = 4 \text{ кН}$;
 $x_3 = 4 \text{ м}$ болса, $M_{x3} = -16 \text{ кНм}$; $Q_{x3} = 8 \text{ кН}$;

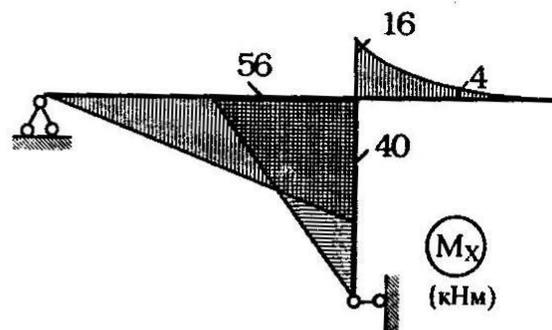
Бул стерженге ийіуші момент теңлемеси екінши тәртіпли болғанлығы себепли, оның эпюрасы квадрат парабола көринисинде болады.

Анықланған ишки зорығыулар мәнислери тийкарында M_x , Q_x хәм N_x эпюраларын курамыз.

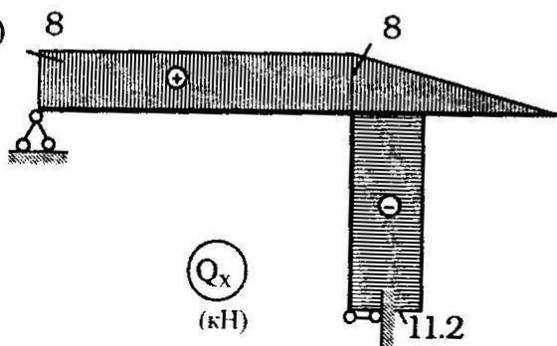
а)



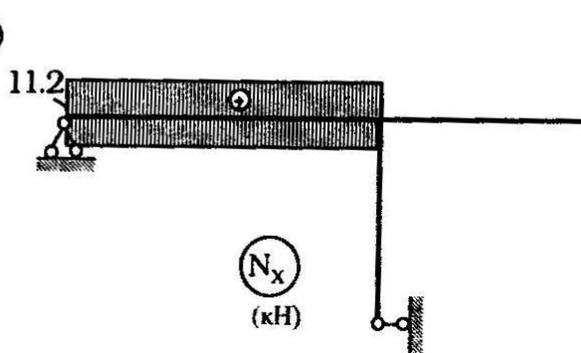
б)



в)



г)



3.3 - сүүрет

4) Тийкаргы АВШ раманы есаплау. Тийкаргы раманың Ш шарнирине таянған ШСD жәрдемши рама тәсирин R_{III} хәм H_{III} реакциялар арқалы алмастырамыз. Бул жерде реакциялар терис бағытқа өзгертиледи. (3.4 – сүүрет, а). АВШ рамасының таяныш реакцияларын анықлаймыз.

$$\sum X = 0; H_A - P + H_{III} = 0; \quad \text{бунда } H_A = -3,2 \text{ кН.}$$

$$\sum M_A = 0; R_B \cdot 5 + H_{III} \cdot 5 + R_{III} \cdot 8 + M - P \cdot 2 = 0; \text{бунда } R_B = \frac{56 + 64 + 10 - 16}{5} = 22,8 \text{ кН.}$$

$$\sum M_B = 0; R_A \cdot 5 + M + R_{III} \cdot 3 + H_{III} \cdot 5 - P \cdot 2 = 0; \text{бунда } R_A = \frac{-10 - 24 - 56 + 16}{5} = -14,8 \text{ кН.}$$

$$\text{Тексеріу: } \sum Y = R_A + R_B - R_{III} = -14,8 + 22,8 - 8 = 0;$$

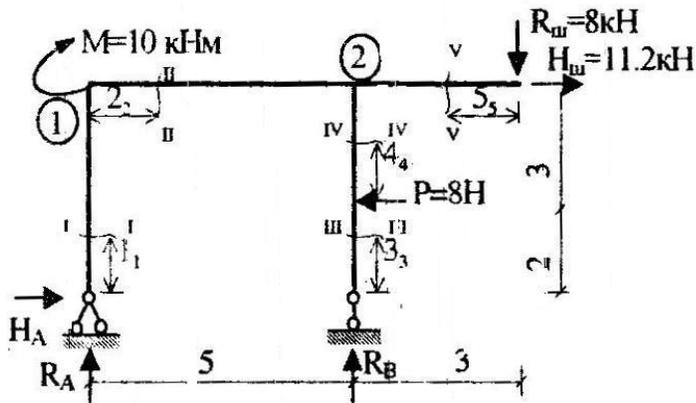
Тийкаргы рама M_x , Q_x хәм N_x эпюраларын куруу ушын аралықларға бөлип, рама стерженлерине характерли кесимлер берип, кесимлердиң өзгеріу областын анықлаймыз.

А–1 аралығы ушын I–I кесим беремиз. I–I кесим ушын өзгеріу областы: $0 \leq x_1 \leq 5 \text{ м.}$

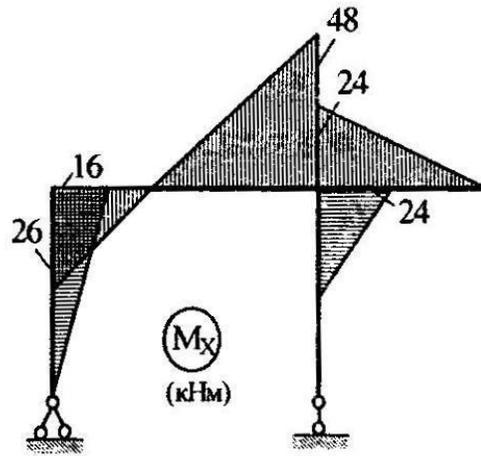
$$M_{x1} = H_A \cdot x_1 = -3,2x_1; \quad Q_{x1} = -H_A = 3,2 \text{ кН}; \quad N_{x1} = -R_A = -14,8 \text{ кН};$$

$$\text{Егер } x_1 = 0 \text{ болса, } M_{x1} = 0; \quad x_1 = 5 \text{ м болса, } M_{x1} = -16 \text{ кНм.}$$

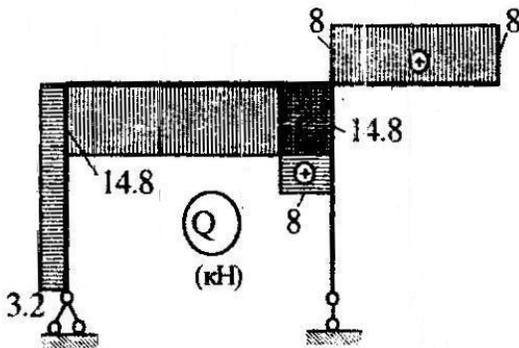
a)



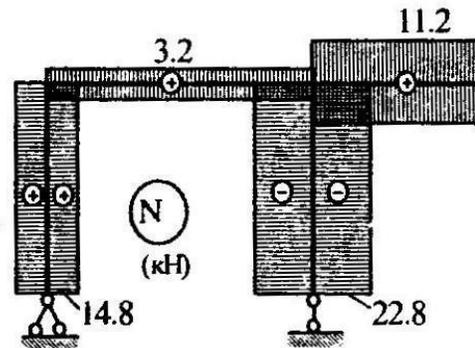
б)



в)



г)



3.4 – сүүрет.

1–2 аралығындағы ишки зорығыўларды анықлаў ушын II -II кесим беремиз. II -II кесими ушын өзгериў областы:

$$0 \leq x_2 \leq 5 \text{ м.}$$

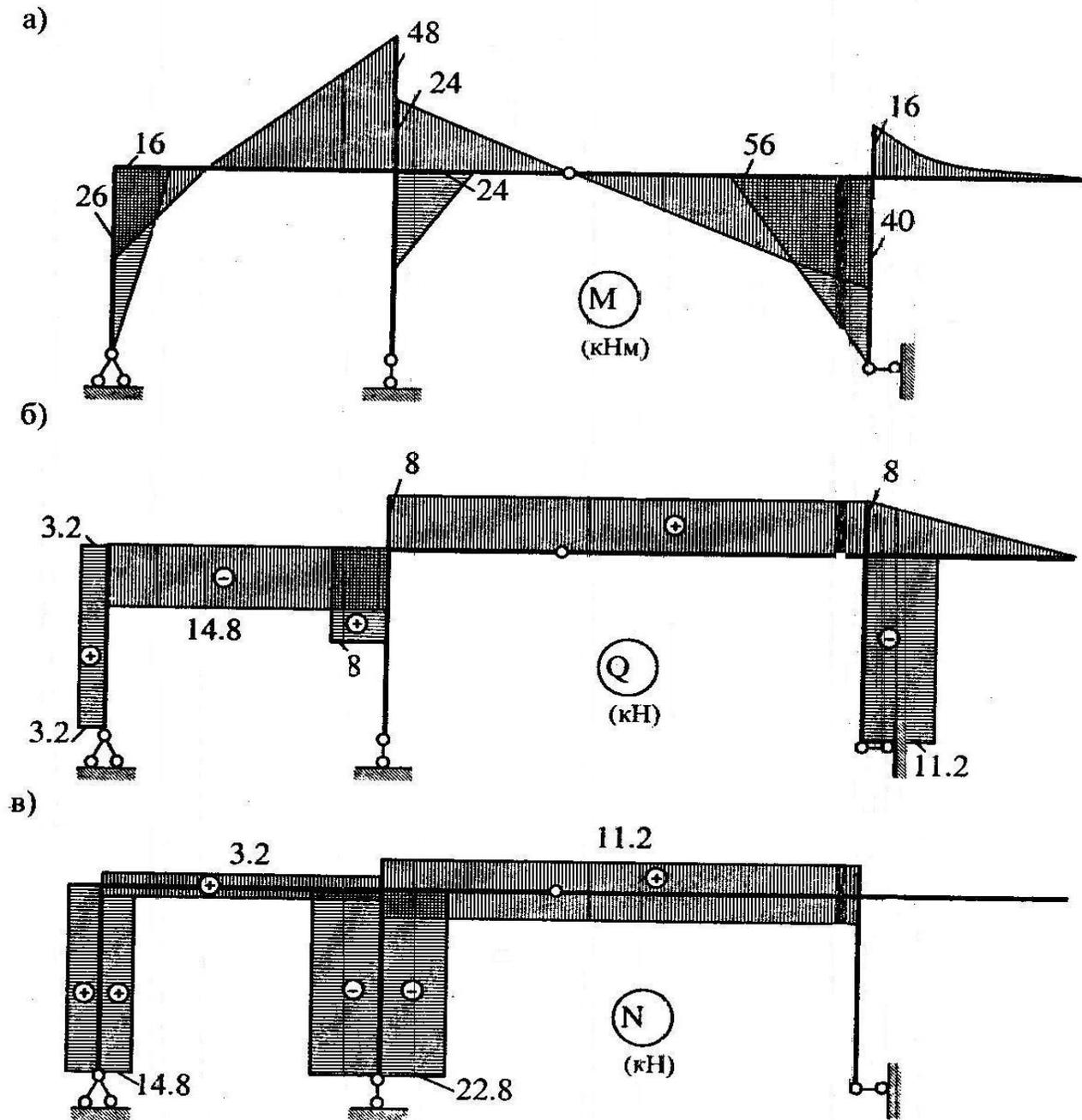
$$M_{x_2} = R_A \cdot x_2 - H_A \cdot 5 + M = -14,8x_2 + 16 + 10 = 26 - 14,8x_2;$$

$$Q_{x_2} = R_A = -14,8 \text{ кН}; \quad N_{x_2} = -H_A = 3,2 \text{ кН.}$$

$$\text{Егер } x_2 = 0 \text{ болса, } M_{x_2} = 26 \text{ кНм; } x_2 = 5 \text{ м болса, } M_{x_2} = -48 \text{ кНм.}$$

В–2 аралығында P топланған күш мәниси қойылғанлығы себепли, оны еки аралыққа ажыратып қараймыз хәм бөлек – бөлек кесимлер беремиз. В–Р аралығының ишки зорығыўларының мәнислерин анықлаў ушын III -III кесим беремиз. III -III кесими ушын өзгериў областы: $0 \leq x_3 \leq 2 \text{ м.}$

$$M_{x_3} = 0; \quad Q_{x_3} = 0; \quad N_{x_3} = -R_B = 22,8 \text{ кН};$$



3.5 – сүүрет

P–2 аралығы үшін IV – IV кесим беремиз.

IV – IV кесими үшін өзгериү областы: $0 \leq x_4 \leq 3 \text{ м}$.

$$M_{x_4} = -P \cdot x_4 = -8x_4; \quad Q_{x_4} = P = 8 \text{ кН}; \quad N_{x_4} = -R_B = 22,8 \text{ кН};$$

Егер $x_4 = 0$ болса, $M_{x_4} = 0$; $x_4 = 3 \text{ м}$ болса, $M_{x_4} = -24 \text{ кНм}$.

Ш–2 аралығындағы ишки зорығыуларды анықлау үшін V–V кесим беремиз.

V–V кесими үшін өзгериү областы: $0 \leq x_5 \leq 3 \text{ м}$.

$$M_{x_5} = -R_{III} \cdot x_5 = -8x_5; \quad Q_{x_5} = R_{III} = 8 \text{ кН}; \quad N_{x_5} = H_{III} = 11,2 \text{ кН}.$$

Егер $x_5 = 0$ болса, $M_{x_5} = 0$; $x_5 = 3$ м болса, $M_{x_5} = -24$ кНм.

Табылған ишки зорығыулардың мәніслери тийкарында M_x , Q_x хәм N_x эпюраларын курамыз (3.4 – сүүрет, б, в, хәм г).

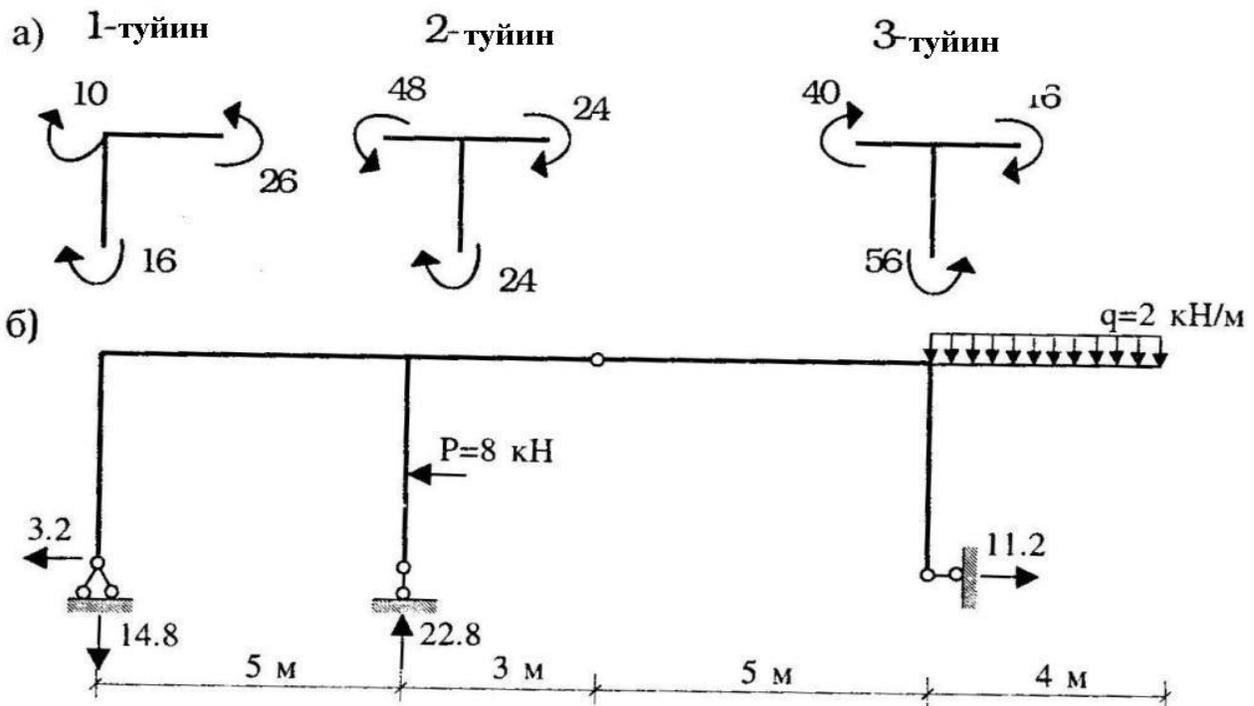
5) Жәрдемши хәм тийкаргы рамалар ушын қурылған M_x , Q_x хәм N_x эпюраларын бир координаталар системасына келтирип, көп аралықлы рама ушын улыўма M_x , Q_x хәм N_x эпюраларын сызымыз (3.5 – сүүрет, а, б, хәм в).

б) Берилген көп аралықлы рама ушын қурылған M_x , Q_x хәм N_x эпюраларының дурыслығын тексерий.

Ийийүши момент M эпюрасы дурыс сызылғанлығын билийү ушын рама түйинлеринин теңсалмақлылығын тексеремиз.

Түйинлерде пайда болыўшы моментлердің өз – ара теңсалмақлылықта болыўы M эпюрасының дурыс қурылғанлығын көрсетеди.

Раманың Q хәм N эпюралары дурыс есапланғанлығын анықлыў ушын берилген раманың улыўма теңсалмақлылығын тексеремиз (3.6 – сүүрет).



3.6 – сүүрет

$$\sum X = 0; -3,2 - 8 + 11,2 = 0,$$

$$\sum Y = 0; -14,8 + 22,8 - 2 \cdot 4 = 0.$$

Демек, раманың M , Q хәм N эпюралары дурыс есапланып сызылған.

IV. ҮШ ШАРНИРЛИ АРКАЛАРДЫ ҚОЗҒАЛМАС ЖҮКЛЕР ТӘСІРИНЕ АНАЛИТИКАЛЫҚ ЕСАПЛАҰ

Үш шарнирлі аркаларды қозғалмас жүклер тәсіріне аналитикалық есаплау төмендегі тәртіпте алып барылады:

1. Таяныш реакциялары анықланады.

2. Үш шарнирлі арканың ықтыярлы кесіміндегі зорығыу анықланады.

а) Ийіуші момент есапланады.

б) Кесе күш есапланады.

в) Бойлама күш есапланады.

Есаптың беріліуі: 4.1 а сүуретте берілген үш шарнирлі арка үшін ийіуші момент, кесе хәм бойлама күштің эпюралары сызылсын. Арка көшері парабола теңлемесі бойынша өзгереді.

Шешіліуі: Арканың вертикал таяныш реакцияларын анықлаймыз:

$$\sum M_B = 0; V_A \cdot 16 - P_1 \cdot 12 - P_2 \cdot 4 = 0, \text{ буннан } V_A = \frac{96 + 48}{16} = 9 \text{ кН.}$$

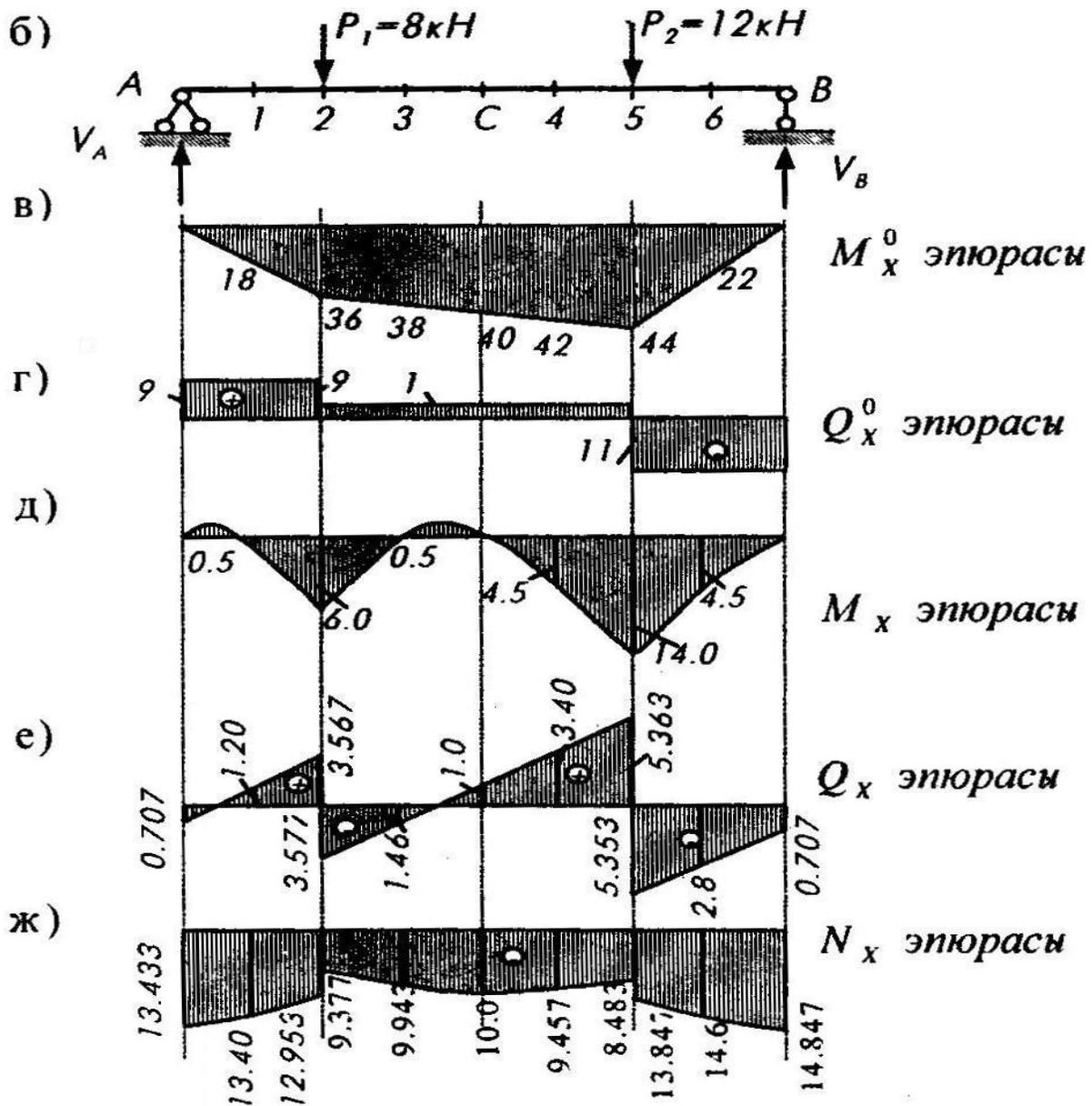
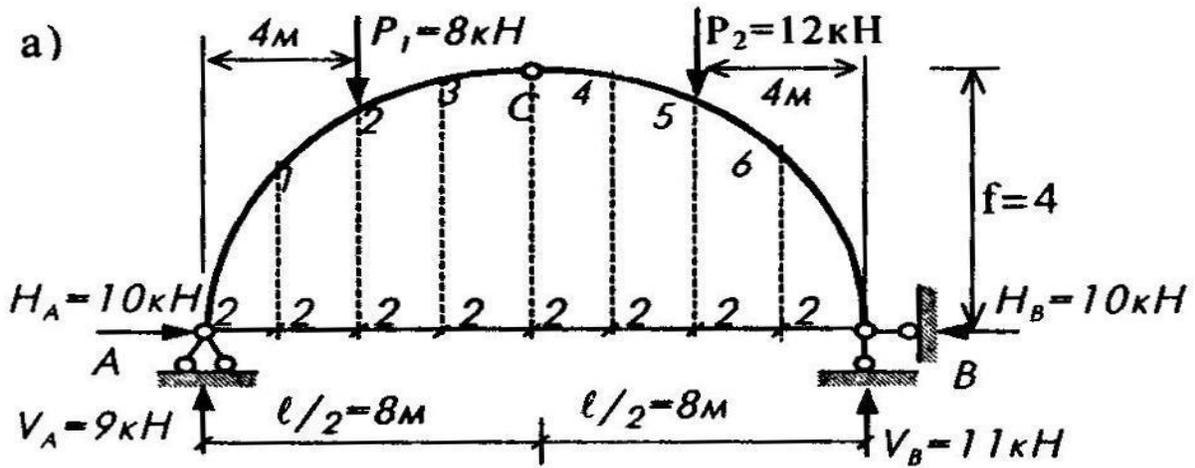
$$\sum M_A = 0; -V_B \cdot 16 + P_2 \cdot 12 + P_1 \cdot 4 = 0, \text{ буннан } V_B = \frac{144 + 32}{16} = 11$$

кН.

$$\text{Тексеріу: } \sum Y = 0, V_A + V_B - P_1 - P_2 = 9 + 11 - 8 - 12 = 0.$$

Арканың горизонтал таяныш реакцияларын анықлаймыз. Арка вертикал жүклер тәсірінде болғанлығы себеплі $H_A = H_B = H$ болады.

$$\sum M_c^{\text{шеп}} = 0; -H \cdot f + V_A \cdot 8 - P_1 \cdot 4 = 0, \text{ буннан } H = \frac{72 - 32}{4} = 10 \text{ кН.}$$



4.1 – сүүрет

Төмендеги формулалар жәрдемінде ишки зорығыу күшлерин есаплаймыз хэм эпюраларын сызамыз

$$\begin{aligned} \dot{I}_{\bar{o}} &= \dot{I}_{\bar{o}}^0 - \dot{I} \cdot \dot{\alpha}_k; \\ Q_{\bar{o}} &= Q_x^0 \cdot \cos \alpha_x - H \cdot \sin \alpha_x; \\ N_x &= -(Q_x^0 \cdot \sin \alpha_x + H \cdot \cos \alpha_x) \end{aligned} \quad (4.1)$$

Арка көшери $\alpha = \frac{4f}{l^2}(l-x)x$ парабола теңлемесин қанаатландырғанлығы ушын $\operatorname{tg} \alpha = \alpha' = \frac{4f}{l^2}(l-2x)$ болады.

Буннан $\sin \alpha$ хэм $\cos \alpha$ ларды анықлауымыз мүмкин.

Арканы тең сегиз бөлекке бөліп, жоқарыдағы (4.1) формулаларда қатнасуышы эпийаы балқадағы ийиуши момент M_x^0 хэм кесе күш Q_x^0 лардың мәнислерин анықлаймыз.

$$\begin{aligned} M_A^0 &= 0; \\ M_1^0 &= V_A \cdot 2 = 9 \cdot 2 = 18 \text{ кНм}; \\ M_2^0 &= V_A \cdot 4 = 9 \cdot 4 = 36 \text{ кНм}; \\ M_3^0 &= V_A \cdot 6 - P_1 \cdot 2 = 9 \cdot 6 - 8 \cdot 2 = 38 \text{ кНм}; \\ M_c^0 &= V_A \cdot 8 - P_1 \cdot 4 = 9 \cdot 8 - 8 \cdot 4 = 40 \text{ кНм}; \\ M_4^0 &= V_B \cdot 6 - P_2 \cdot 2 = 11 \cdot 6 - 12 \cdot 2 = 42 \text{ кНм}; \\ M_5^0 &= V_B \cdot 4 = 11 \cdot 4 = 44 \text{ кНм}; \\ M_6^0 &= V_B \cdot 2 = 11 \cdot 2 = 22 \text{ кНм}; \\ M_B^0 &= 0. \\ Q_A^0 &= Q_1^0 = Q_2^0 \text{ шеп} = V_A = 9 \text{ кН}; \\ Q_2^0 \text{ он} &= Q_c^0 = Q_4^0 = Q_5^0 \text{ шеп} = V_A - P_1 = 1 \text{ кН}; \\ Q_5^0 \text{ он} &= Q_6^0 = Q_B^0 = -V_B = -11 \text{ кН}. \end{aligned}$$

Анықланған шамалар тийкарында M_x^0 хэм Q_x^0 эпюраларын қурамыз (4.1 – сүүрет, в),г).

Арканың кесимлериндеги ишки күшлерди (4.1) формулалар жәрдемінде 1 – кесте көринисинде есаплаймыз.

1 – кесте

Кес-им	x м	y м	tgα	sinα	cosα	\dot{i}_0^{σ}	HУ _x	$\dot{i}_{\sigma} = \dot{i}_0^{\sigma} - \dot{I} \dot{O}_{\sigma}$	Q_0^{σ}	$Q_0^{\sigma} \cos\alpha$	H sinα	$Q_{\sigma} = Q_0^{\sigma} \cos\alpha - \dot{I} \cdot \sin\alpha$	$Q_0^{\sigma} \sin\alpha$	H cosα	N = $(Q_0^{\sigma} \sin\alpha + H \cos\alpha)$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A	0	0	1,0	0,707	0,707	0	0	0	9	6,363	7,07	-0,707	6,363	7,07	-13,433
1	2	1,75	0,75	0,600	0,800	18	17,5	0,5	9	7,200	6,00	1,200	5,400	8,00	-13,400
2	4	3,00	0,50	0,447	0,893	36	30,0	6,0	9 1	8,037 0,893	4,47	3,567 -3,577	4,025 0,447	8,93	-12,953 -9,377
3	6	3,75	0,25	0,243	0,970	38	37,5	0,5	1	0,970	2,43	-1,46	0,243	9,70	-9,457
C	8	4,00	0	0	1,00	40	40,0	0	1	1,000	0	1,00	0	10,0	-10,00
4	10	3,75	-0,25	-0,243	0,970	42	37,5	4,5	1	0,970	-2,43	3,40	-0,243	9,70	-9,457
5	12	3,00	-0,5	-0,447	0,893	44	30,0	14,0	1 11	0,893 -9,823	-4,47	5,363 -5,353	-0,447 4,917	8,93	-8,483 -13,847
6	14	1,75	-0,75	-0,600	0,800	22	17,5	4,5	-11	-8,800	-6,00	-2,8	6,6	8,0	-14,6
B	16	0	-1,00	-0,707	0,707	0	0	0	-11	-7,777	-7,07	-0,707	7,777	7,07	-14,847

Кес-им	x_m	y_m	$\operatorname{tg}\alpha$	$\sin\alpha$	$\cos\alpha$	$i_{\bar{0}}$	H_{y_x}	$\dot{i}_{\bar{\sigma}} = \dot{i}_{\bar{\sigma}}^0 - \dot{I} \dot{O}_{\bar{\sigma}}$	$Q_{\bar{0}}$	$Q_{\bar{0}} \cos\alpha$	$H \sin\alpha$	$Q_{\bar{\sigma}} = Q_{\bar{\sigma}}^0 \cos\alpha - \dot{I} \cdot \sin\alpha$	$Q_{\bar{0}} \sin\alpha$	$H \cos\alpha$	$N = (Q_{\bar{0}} \sin\alpha + H \cos\alpha)$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A															
1															
2															
3															
4															
5															
C															
6															
7															
8															
9															
10															
B															

Әдебиетлар

1. Абдурашидов Қ.С., Хобилов Б.А., Тўйчиев Н.Ж. Раҳимбоев А.Ғ. Қурилиш механикаси. Т. «Ўзбекистон», 1999.
2. Одилхўжаев Э.А., Ғулмов Т.Ғ., Абдукомиллов Т.К. Қурилиш механикаси. Т. «Ўқитувчи», 1985.
3. Дарков А.В., Клейн Г.К., Кузнецов В.И. Строительная механика. М. Высшая школа, 1980.
4. Ржаницын А.Р. Строительная механика. М. Высшая школа, 1991.
5. Бычков Д.В., Клейн Г.Н., Габбасов Р.Ф. Руководство к практическим занятиям по курсу строительной механики. М. Высшая школа, 1980.
6. Тураев Х.Ш., Исматов И.Х., Йўлдашев Ф.Х., Жавлиев Б.К. Қурилиш механикаси (назарий асослари ва амалий масалалар). Тошкент. Молия, 2002.

Мазмуны

Кирисиў.....	3
I. Статикалық анық әпиұайы рамаларды есаплаў	4
II. Көп аралықлы статикалық анық шарнирли балкаларды есаплаў	8
III. Көп аралықлы, көп қабатлы статикалық анық шарнирли рамаларды есаплаў.....	13
IV. Үш шарнирли аркаларды қозғалмас жүклер тәсирине аналитикалық есаплаў.....	19
Әдебиятлар.....	23