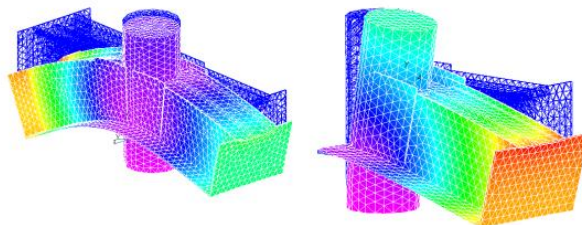


**Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва**

БУДІВЕЛЬНА МЕХАНІКА

**Методичні рекомендації до виконання
розрахунково-проектувального завдання
"Розрахунок статично визначеної багаточарнірної балки"
(РПЗ №1) для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавр
спеціальності 192 – "Будівництво та цивільна інженерія"
для всіх форм навчання**



Затверджено
на засіданні кафедри
будівельних, дорожніх машин і будівництва.
Протокол № 8 від 23 січня 2025 р.

Кропивницький 2025

Будівельна механіка. Методичні рекомендації до виконання розрахунково-проектувального завдання "Розрахунок статично визначеної багатошарнірної балки" (РПЗ №1) для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавр спеціальності 192 – "Будівництво та цивільна інженерія" для всіх форм навчання / [Уклад.: Г.Д. Портнов, В.В. Пукалов, А.А. Тихий, В.В. Дарієнко]. – Кропивницький : ЦНТУ, 2025. 33 с.

Методичні вказівки складені з метою полегшення самостійної роботи здобувачів освіти при виконанні розрахунково-графічного завдання на тему: «Розрахунок статично визначеної багатошарнірної балки».

Укладачі:

Г.Д. Портнов – к.т.н., доцент кафедри будівельних, дорожніх машин і будівництва,
В.В. Пукалов – к.т.н., доцент кафедри деталей машин та прикладної механіки,
А.А. Тихий – к.т.н., доцент кафедри будівельних, дорожніх машин і будівництва,
В.В. Дарієнко – к.т.н., доцент кафедри будівельних, дорожніх машин і будівництва.

Рецензент:

І.О. Скриннік – к.т.н., доцент кафедри будівельних, дорожніх машин і будівництва.

Вступ

Методичні вказівки складені з метою полегшення самостійної роботи студентів при виконанні розрахунково-графічного завдання на тему: «Розрахунок статично визначених багатошарнірних балок».

Перед виконанням роботи студент повинен вивчити такі теоретичні питання:

- принципи утворення та особливості багатошарнірних статично визначених балок;
- метод розрахунку багатошарнірних статично визначених балок при нерухомому навантаженні;
- побудова ліній впливу реакцій і зусиль у простих (вільноопертих та консольних) і складних (багатошарнірних) балках.

1. Вимоги до виконання завдання

1. Вихідні дані для виконання завдання приймаються, виходячи з назви групи (Таблиця 1) та порядкового номера (див. рис. 1 ... 4) за вказівкою викладача.

2. (варіанти):

2.1 Варіант 1: На стандартних аркушах паперу (формату А4) на одній стороні аркуша (інша залиша виправлень) або в зошиті. На обкладинці мають бути вказані: прізвище, ім'я та по батькові студента (повністю), назва факультету, шифр групи. Завдання слід виконувати чорнилом (не червоним) чітким почерком із полями: ліворуч – 20 мм, праворуч – 10 мм. Малюнки виконуються олівцем або чорнилом.

2.2 Варіант 2: друківка файлу Word

графіки ПК на паперовому носії.

3. Робота повинна містити: тему завдання, технічне завдання з числовими даними, розрахункову схему в масштабі з числовими показниками величин, необхідних для розрахунку.

4. ,
поясненнями та кресленнями, на яких усі величини, що входять до розрахунку, мають бути показані в числах.

5. .
у системі С ,
одиниць вимірювання знайдених величин.

6. , .

7. , 1
відповідно до вимог (1 1
документації). На всіх епюрах і лініях впливу необхідно вказувати масштаб, знаки та числові значення характерних ординат. Штрихування епюр і ліній впливу викону осям стрижнів. Епюри згинальних моментів будуються на розтягнутому волокні без зазначення знаків.

8. Після перевірки викладачем розрахункового завдання студент повинен виправити всі відмічені помилки.

2. Технічне завдання

Для заданої багат шарнірної статично визначеної балки, схеми навантаження якої наведені на рис. 1...4, а вихідні дані представлені в таблиці 1, необхідно:

1. Провести кінематичний аналіз.
2. Визначити реакції в опорах балки.
3. Визначити значення та побудувати епюри поперечних сил і згинальних моментів у поперечних перерізах балки.
4. Підібрати поперечні перерізи балок з металопрокату без розрахунку прогинів.
5. Для заданих перерізів 1 і 2 побудувати лінії впливу поперечних і згинальних моментів, а також лінії впливу двох опорних реакцій ().
6. За лініями впливу визначити внутрішні силові фактори в заданих перерізах та порівняти їх із значеннями на відповідних епюрах.
7. Виконати розрахунок балки на ПК із застосуванням програми Л або SCAD. Результати розрахунку подати у вигляді звіту (опція програми).

шарнірами (згинальні моменти у місцях встановлення цих шарнірів дорівнюють нулю). Шарніри, що з'

ВИХ ДН ДАН
до розрахунково-про
«Розрахунок багатопроговоної статично визначеної балки»

Параметри	Група			
	1	2	3	
Сила P , кН	10	15	10	25
Момент пари сил M , кНм	15	20	10	25
Інтенсивність розподілених сил q , кН/м	10	5	15	20
Довжина ділянки l , м	4	3	3	4
Коефіцієнт k	1,2	1,4	1,5	1,4

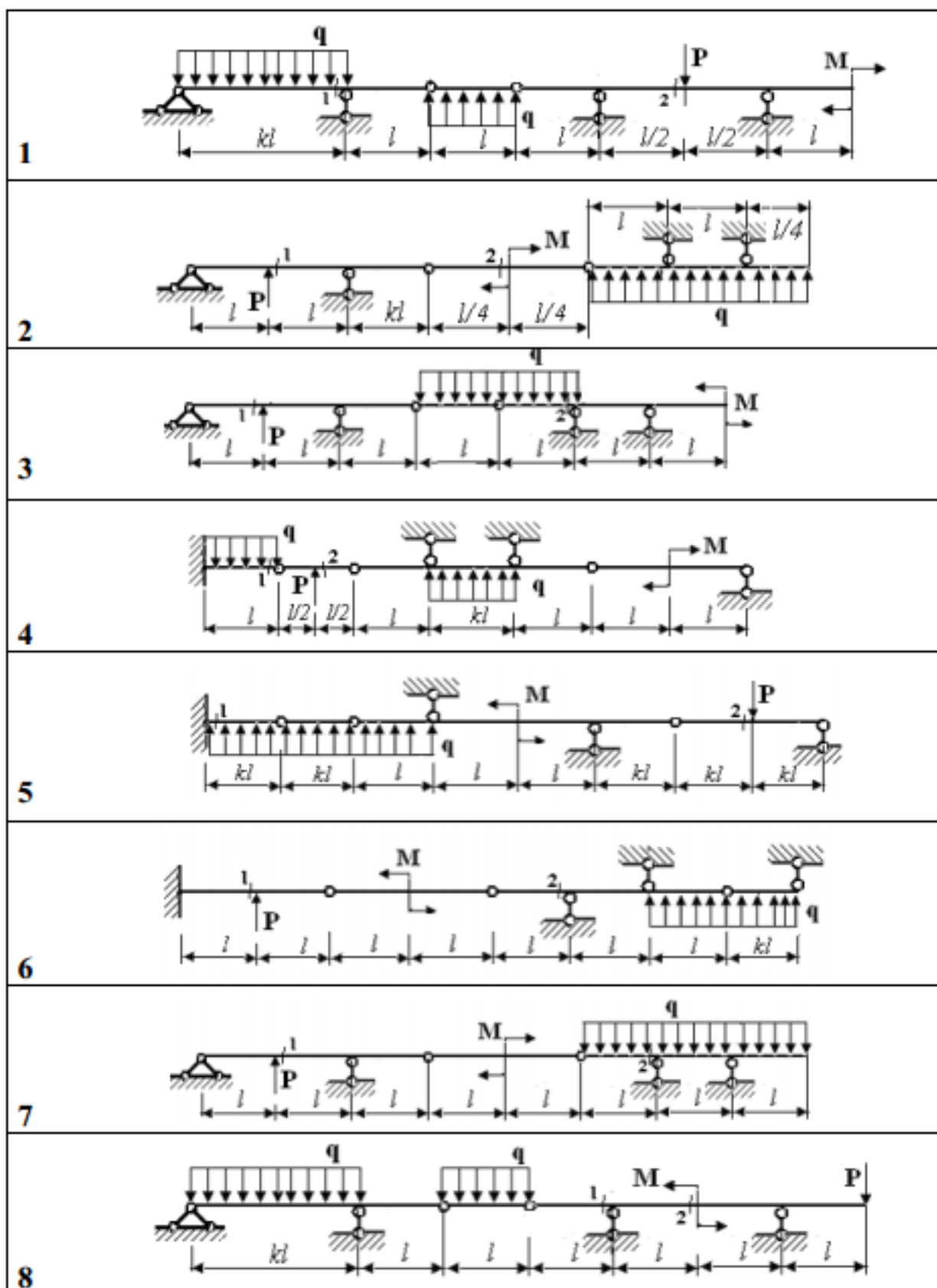


Рисунок 1

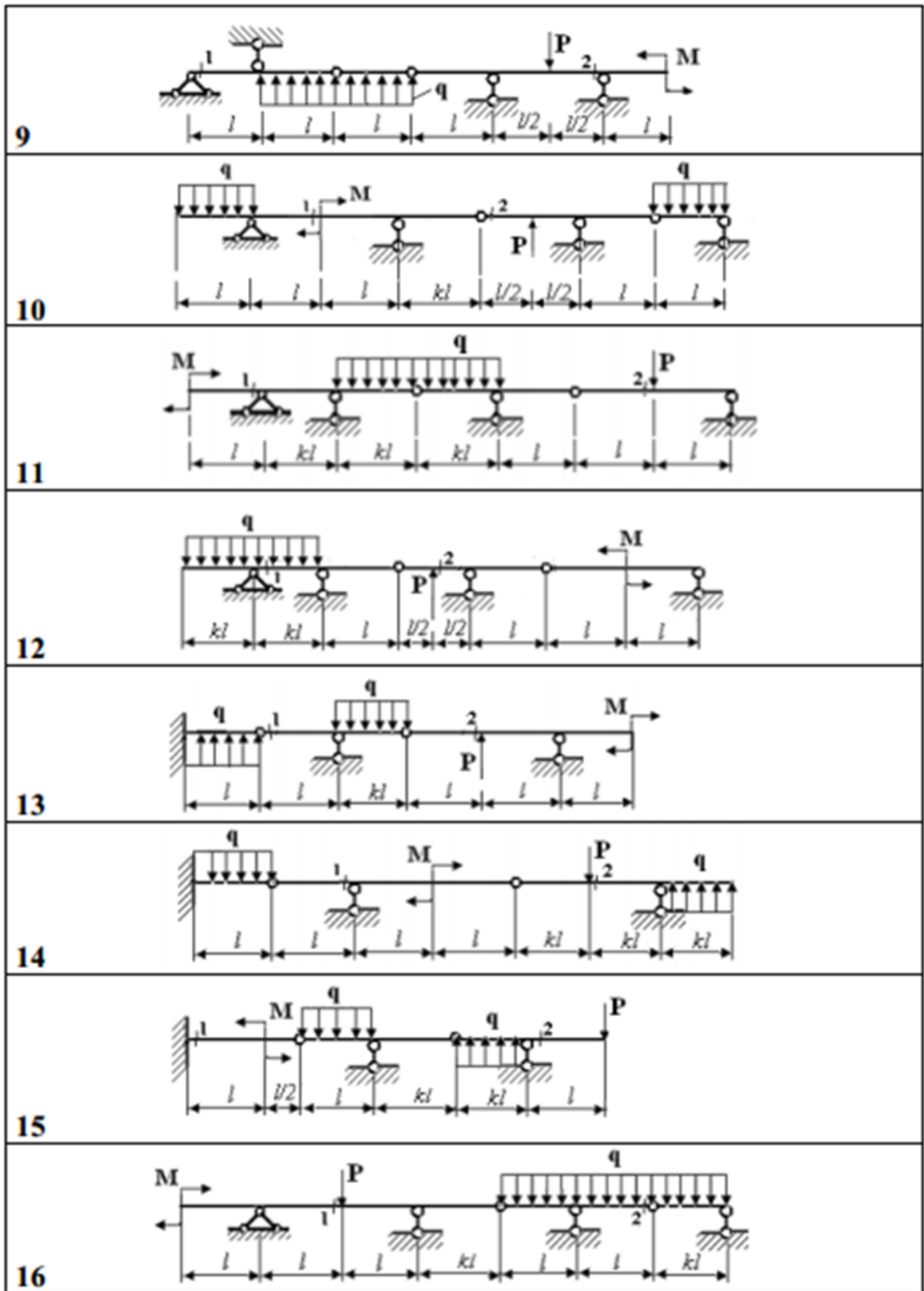


Рисунок 2

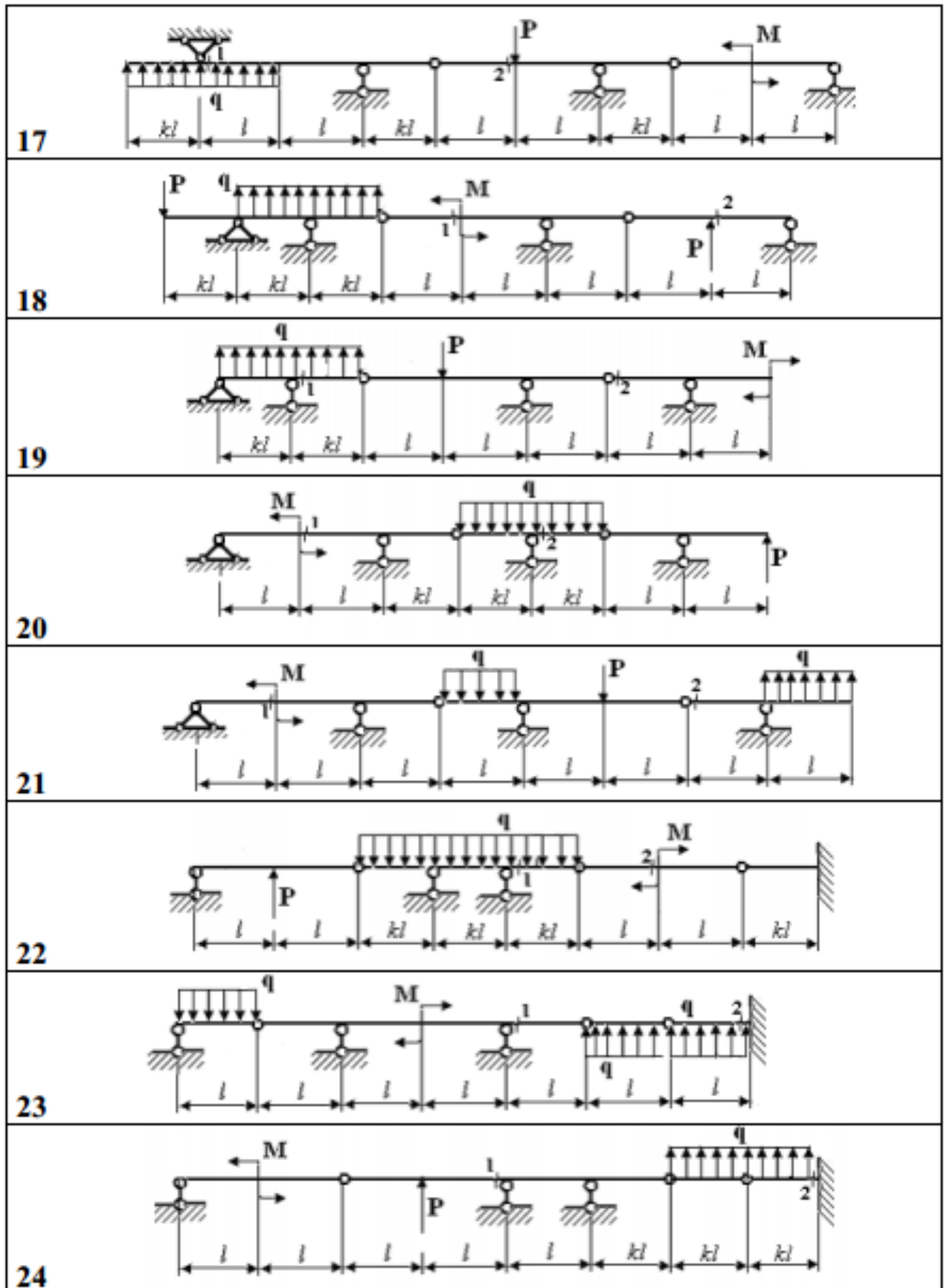


Рисунок 3

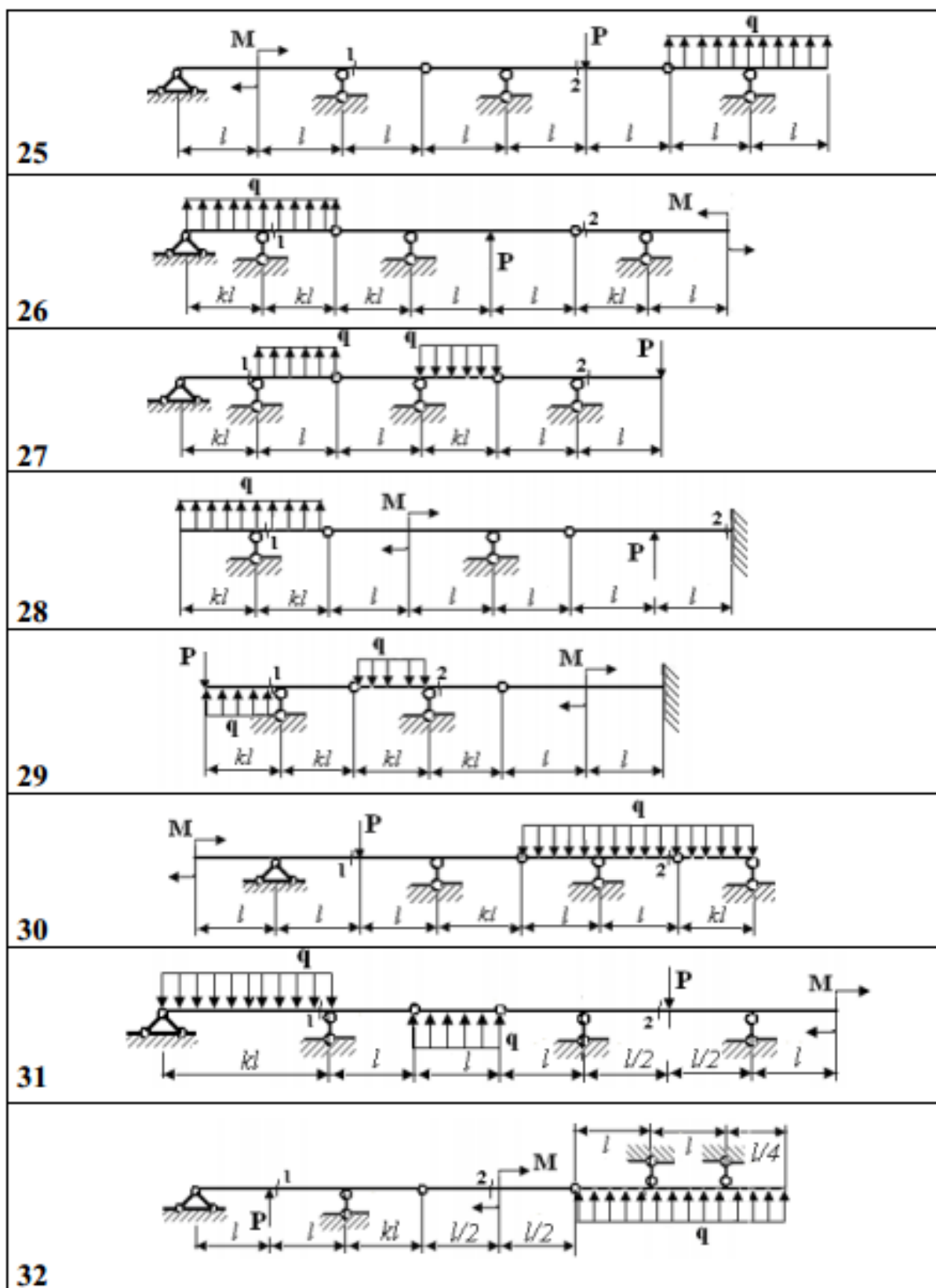


Рисунок 4

3. Теоретична частина

3.1 Перетворення розрахункової схеми

Для полегшення розрахунку багатопрогонових статично визначних балок доцільно задану розрахункову схему перетворити на статично еквівалентну «поверхову схему». З цієї

заданій схемі (рис. 5а) всі центральні, наскрізні шарніри Б, Г, Д, що з'

балка А – Б (рис. 5б) може існувати самостійно (незалежно від наявності інших балок), тому назвемо неосновною. Дві наступні балки Б – Г і Р – Д, позбавлені необхідних зв'язків, що неспроможні існувати самостійно.

Ж, вона не переміщатиметься по вертикалі, але переміщатиметься по горизонталі. Однак слід врахувати, що у вихідній схемі горизонтальний зв'язок А, що не дозволя – ? необмежено. Назвемо цю балку умовно основною (незмінною лише щодо вертикальних переміщень). Основні балки зобразимо в основі формованої «поверхової» схеми (рис. 5в).

Далі послідовно вводимо раніше видалені шарніри. На кінці консолі А – Б вводимо висячу шарнірно-нерухому опору Б і за її допомогою «підвішу» – . , – – З вводимо шарнірно-нерухомі опори Г і Д, на які «підвішу» балку Г – Д. Кожна наступна підвішена балка займа (рис. 5в). Отримана таким чином «поверхова схема» наочно виявля

1 (. 5)

складових її балок.

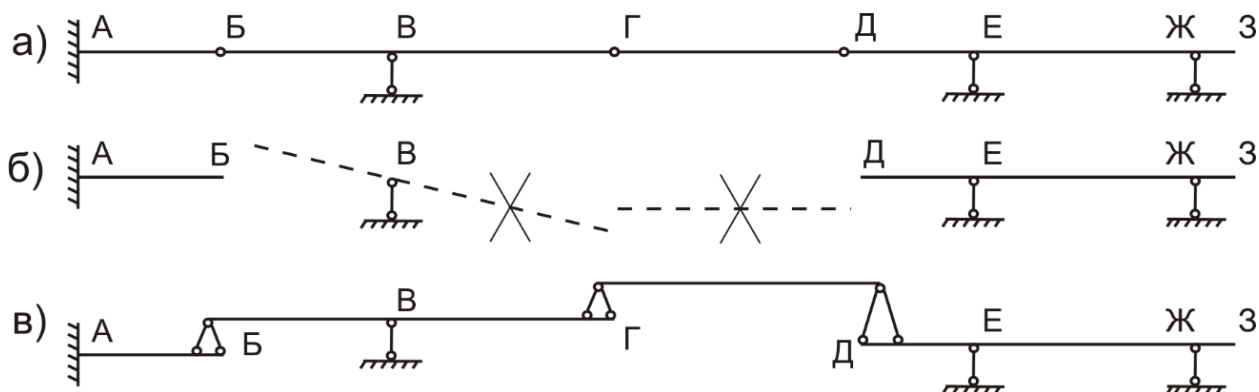


Рисунок 5. Вихідна та перетворена розрахункові схеми

Очевидно, що навантаження, прикладені до балок верхніх ярусів через опорні реакції «висячих» опор, викликатимуть зусилля у відповідних балках нижніх ярусів. , , , що діють на балках нижніх ярусів, не викликатимуть зусиль у балках верхніх ярусів. Так, наприклад, при навантаженні зовнішніми силами балки Б – Г внутрішні зусилля виникатимуть лише в балці А – Б, яка розташована нижче. У балці Г – Д, що розташована вище, внутрішніх зусиль не буде, але вона зазна

Звідси вплива

відповідними «поверховими» схемами зображені на рис. 6.

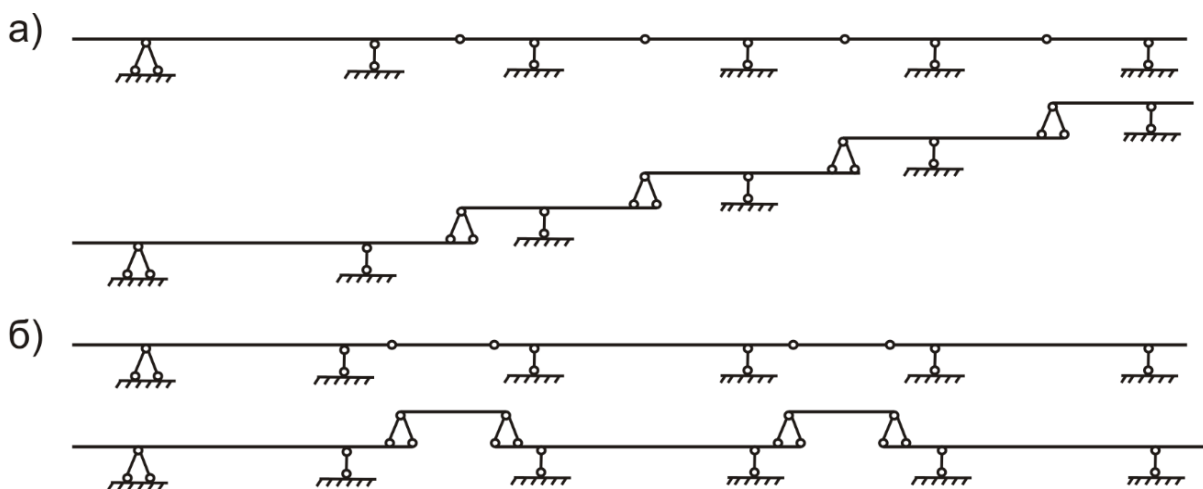


Рисунок 6. Поверхові схеми балок

3.2 Розрахунок на нерухомі навантаження

3.2.1 Загальний порядок розрахунку

Загальна послідовність розрахунку визначає «поверхової» схеми:

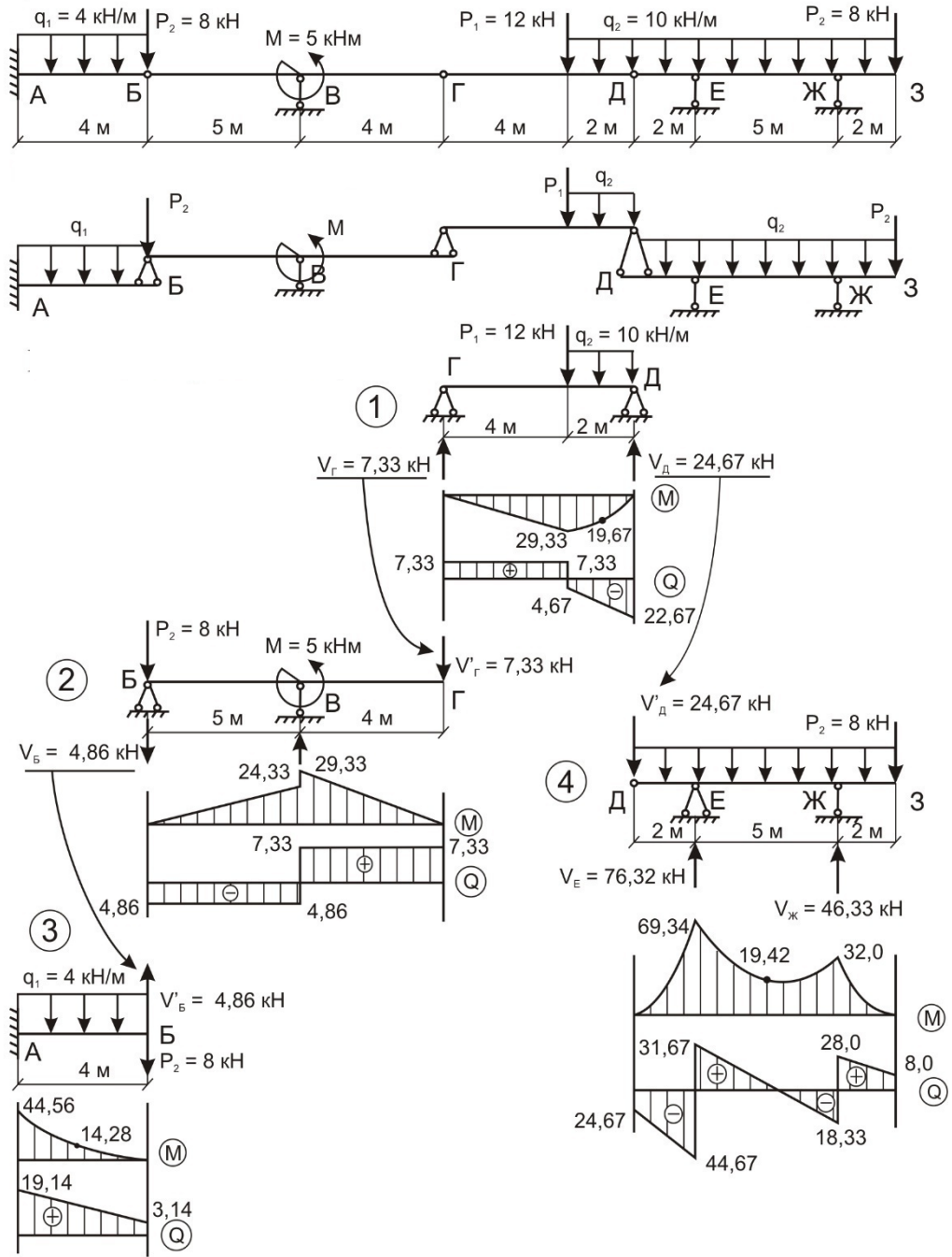
1. ()
найвищого ярусу. Розрахунок їх (визначення реакцій опорних зв'язків, побудова епюр M і Q , підбір поперечних перерізів) на задані зовнішні навантаження виконує студенти вивчали на курсі опору матеріалів. При цьому ординати епюри M відкладаються зі сторони розтягнутих волокон (позитивні від осі балки вниз, негативні — вгору). Знаки на епюрі моментів можна не ставити, але обов'язково слід поставити числові значення всіх характерних ординат. В епюрі поперечних сил Q позитивні ординати відкладаються вгору, негативні — , Q також повинна містити значення характерних ординат.

2. .
балок, розташованих ярусом нижче. При цьому, крім зовнішніх навантажень, слід враховувати опорні тиски з боку «висячих» опор, які знаходяться на розглянутій балці і підтримують балки верхнього ярусу. Ці опорні тиски рівні опорним реакціям відповідних балок верхнього ярусу.

(обчисленим раніше), але направлені в протилежні сторони.

3. M Q '
епюри згинальних моментів і поперечних сил вихідної схеми.

а)



б)

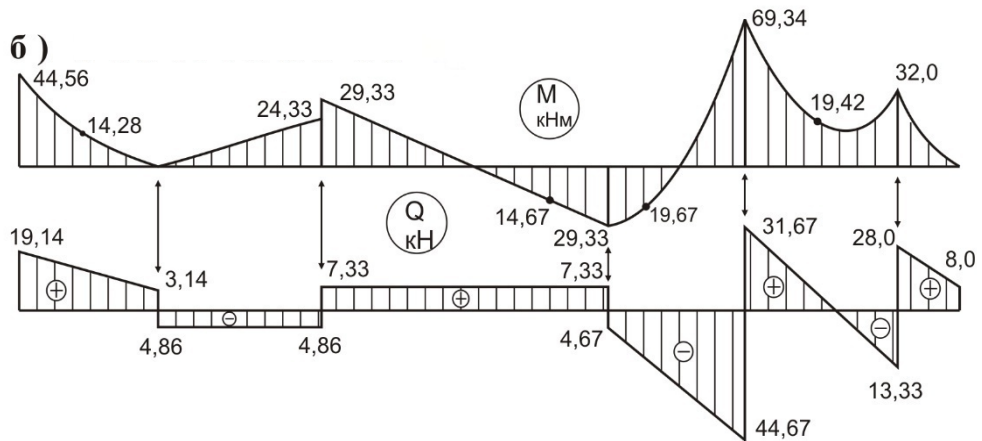


Рисунок 7

3.2.2 Розрахунок складових балок

Техніку виконання описаного розрахунку проілюстру розрахунку балки, зображеної на рис. 7а. Перетворення розрахункової схеми балки у «поверхову» схему показано на рис. 7б.

Розрахунок почина (рис. 8а).

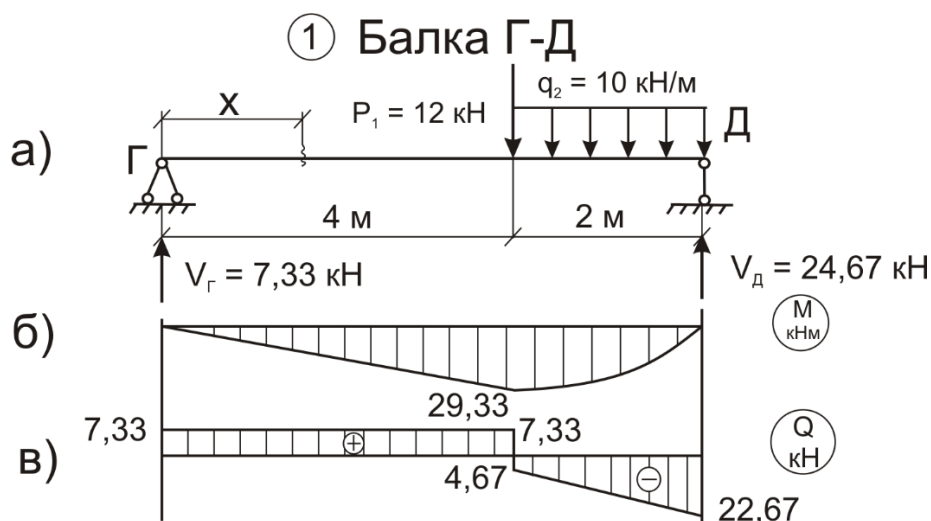


Рисунок 8

Праву опору прийма

– ?.

Опорні реакції V_G і V_D визнача

:

$$\sum M_D = 0; -V_G \cdot 6 + 12 \cdot 2 + 10 \cdot 2 \cdot 1 = 0; V_G = 7,33 \text{ кН.}$$

$$\sum M_G = 0; V_D \cdot 6 - 12 \cdot 4 - 10 \cdot 2 \cdot 5 = 0; V_D = 24,67 \text{ кН.}$$

Контроль обчислення реакцій:

$$\sum Y = 0; 7,33 - 12 - 2 \cdot 10 + 24,67 = 0.$$

Обчислення ординат епюри M:

$$I: 0 \leq x_1 \leq 4\text{м і } M_1(x_1) = 7,33 x_1;$$

$$\text{при } x_1 = 0, M = 0;$$

$$\text{при } x_1 = 4\text{м, } M = 29,33 \text{ кНм.}$$

$$2: 0 \leq x_2 \leq 2\text{м и } M_2(x_2) = 7,33 \cdot (4 + x_2) - 12 \cdot x_2 - 10 \cdot x_2^2 / 2 ;$$

$$\text{при } x_2 = 0, M = 29,33 \text{ кНм;}$$

$$\text{при } x_2 = 2\text{м, } M = 0,02 \approx 0.$$

Обчислення ординат епюри Q:

$$I: 0 \leq x_1 \leq 4\text{м} \text{ і } Q_1(x_1) = 7,33 \text{ кН};$$

$$2: 0 \leq x_2 \leq 2\text{м} \text{ і } Q_2(x_2) = 7,33 - 12 \cdot 10 \cdot x_2 = -4,67 - 10 \cdot x_2$$

$$\text{при } x_2 = 0, Q_2 = -4,67 \text{ кН};$$

$$\text{при } x_2 = 2\text{м}, Q_2 = -24,67 \text{ кН}.$$

На основі результатів обчислень буду (рис. 8б) і епюру поперечних сил Q (рис.4в).

Підбір поперечного перерізу балки викону де $|M| = 29,33 \text{ кНм}$.

За умовою міцності отриму :

$$\delta_{\max} = |M|_{\max} / W_{\min} \leq R.$$

Звідси отриму :

$$W_{\text{тр.}} = |M|_{\max} / R = 29,33 \cdot 10^3 \text{ Нм} / 240 \cdot 10^6 \text{ Нм}^{-2} = 122 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 122 \text{ см}^3.$$

Тут розрахунковий опір фасонного прокату зі сталі В Ст3Г для першої групи споруд прийнято: $R = 240 \text{ МПа}$. За сортаментом (ГОСТ 8502-72*) прийма N18 з найбільшим найближчим моментом опору $W_x = 184 \text{ см}^3$ і моментом інерції $J_x = 1840 \text{ см}^4$. ? жорсткість отриманої балки $EJ = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ Нм}^{-2}$. $1840 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4 = 3864 \text{ кНм}^2$.

Далі розгляда (. 9),

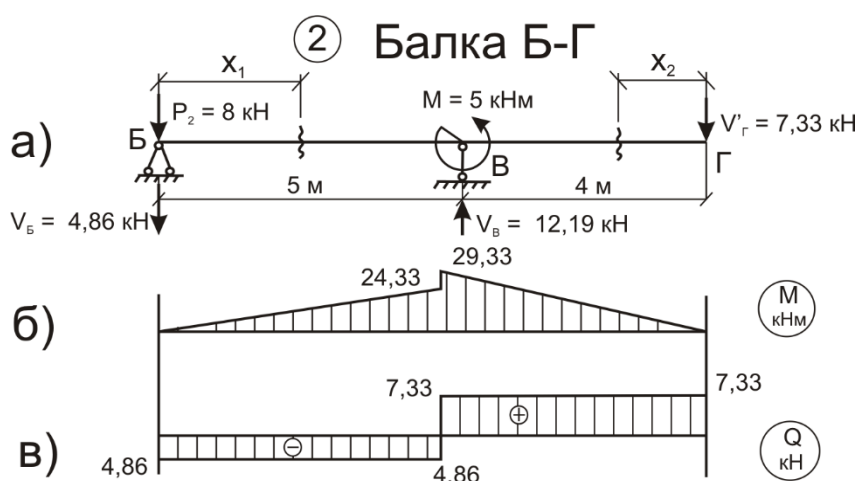


Рисунок 9

При розрахунку ці 1 $V'_Г$, що переда « » , до балки Г – Д верхнього ярусу. Опорний тиск дорівню опорній реакції $V'_Г = 7,33$ кН, але спрямований у протилежний бік. Зазначимо також, що зосереджену силу $P_2 = 8$ кН, прикладену в центральному шарнірі Б, зручніше вважати діючою на нижню балку А – Б.

Визначення опорних реакцій:

$$\sum M_B = 0; V_B \cdot 5 + 5 - 7,33 \cdot 4 = 0; V_B = 4,86 \text{ кН.}$$

$$\sum M_B = 0; V_B \cdot 5 + 5 - 7,33 \cdot 9 = 0; V_B = 12,19 \text{ кН.}$$

Контроль обчислення реакцій:

$$\sum Y = 0; -4,86 + 12,19 - 7,33 = 0.$$

Обчислення внутрішніх зусиль:

$$1: 0 \leq x_1 \leq 5 \text{ м}; M_1(x_1) = -4,86 \cdot x_1 \text{ кНм}; Q_1(x_1) = -4,86 \text{ кН};$$

$$\text{при } x_1 = 0, M_1 = 0, Q_1 = -4,86 \text{ кН};$$

$$\text{при } x_1 = 5 \text{ м}, M_1 = -24,33 \text{ кНм}, Q_1 = -4,86 \text{ кН.}$$

$$2: 0 \leq x_2 \leq 4 \text{ м}; M_2(x_2) = -7,33 \cdot x_2 \text{ кНм}; Q_2(x_2) = 7,33 \text{ кН};$$

$$\text{при } x_2 = 0, M_2 = 0, Q_2 = -7,33 \text{ кН};$$

$$\text{при } x_2 = 4 \text{ м}, M_2 = -29,33 \text{ кНм}, Q_1 = 7,33 \text{ кН.}$$

Епюри згинальних моментів M і поперечних сил Q показані на рис.5 б,в.

Підбір поперечного перерізу балки можна не проводити, оскільки розрахункове зусилля збіга .

Далі розглядаються балки нижнього ярусу А – Б і Д – З. Розрахункові схеми їх дані на рис. 10. Епюри M і Q наведені на рис. 8в. Порядок розрахунку аналогічний наведеному вище.

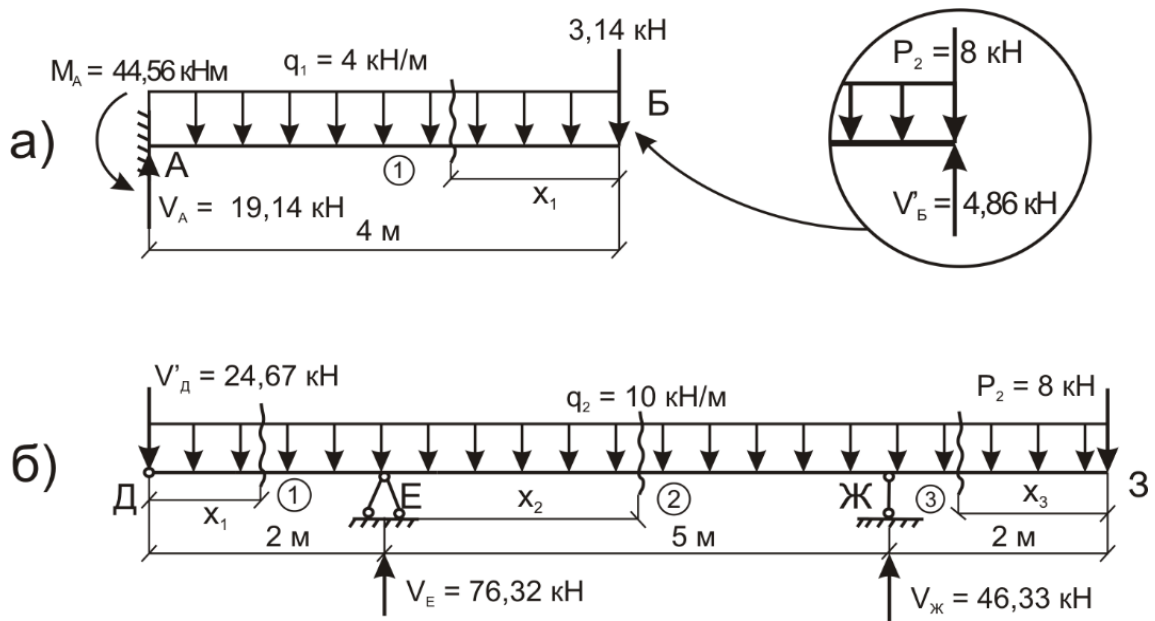


Рисунок 10

3.2.3 Побудова і контроль загальних розрахункових епюр

Усі отримані епюри M і Q слід привести до графіка, тобто об'їх на осі багатопрогової балки (рис. 7). При цьому потрібно підібрати

Отримані таким чином епюри внутрішніх зусиль повинні задовольняти закономірності, відомі з курсу опору матеріалів:

1. M сил (як зовнішніх P , так і реактивних V) відповідають злами у напрямку дії цих сил. Між зосередженими силами (за відсутності між ними розподілених навантажень) епюра лінійна. У перерізах, де діють зовнішні зосереджені моменти, спостерігаються стрибки епюри на величину зовнішнього моменту. На ділянках з розподіленим навантаженням q епюра M криволінійна (параболічна), з випуклістю, що збіга

2. епюр поперечних сил Q (P і V) відповідають стрибки епюр у напрямку зовнішніх сил. Між зосередженими силами (за відсутності між ними розподілених

навантажень) еюра зберіга

розподіленими навантаженнями еюра Q похила. При цьому нахил збільшу

Рекоменду (. 7),

слідуючи зліва направо наступним чином: реакція V_A призводить до стрибка в початку балки від нуля до 19,14 кН, потім на ділянці А – Б з розподіленим навантаженням ма ΔQ на 4 · 4 кН.

У перерізі Б зосереджена сила $P_2 = 8$ кН призводить до стрибка вниз до значення $3,14 - 8 = - 4,86$ кН. Далі на ділянці Б – В поперечна сила не зміню . Реакція V_B підніма графік на 12,19 кН, потім до P_1 поперечна сила не зміню і так далі, поки сила P_2 у перерізі 3 не поверне нас до нуля на графіку. Якщо цього не відбудеться, у наших розрахунках арифметична помилка, яку потрібно виправити.

3. М еюрамаи М Q , .

до теореми Д. . , (направо) ординатами еюри , а з низхідними — позитивними. У перерізах, де поперечна сила дорівню , значення:

$$Q = 0 \sim M = M_{\max, \min}$$

На рис. 7 це відповідність еюр М і Q позначено подвійними вертикальними стрілками.

4. 1 М і Q можна провести : площа еюри Q на будь-якій ділянці $F_{Q_{\text{уч}}}$, чисельно дорівню , $\Delta M_{\text{уч}}$ на тій же ділянці балки:

$$F_{Q_{\text{діл.}}} = \Delta M_{\text{діл.}}$$

При цьому негативні значення площі відповідають зростанню зростанню ординат еюр М (при русі зліва направо), а — 1 .

Наприклад, на ділянці А – Б (рис. 10) площа епюры Q дорівню

$$F_{QA-B} = (19,14 + 3,14) \cdot 4 / 2 = 44,56 \text{ кНм},$$

що відповідає
 $\Delta M_{A-B} = 44,56 \text{ кНм}.$

М на тій же ділянці на

На ділянці В – Е відповідно

$$F_{QB-E} = 7,33 \cdot 8 - (4,67 + 44,67) \cdot 4 / 2 = -40 \text{ кНм}.$$

При цьому ординати М в кінці ділянки зросли в порівнянні з початком.

3.3 Розрахунок на рухомі навантаження

3.3.1 Загальний порядок розрахунку

Складність розрахунку балок на рухомі навантаження обумовлена зміною їх положення та якісними змінами виду рухомих навантажень. Це завдання успішно вирішу

$$, \quad \bar{P} = 1,$$

які називаються лініями впливу. За цими графіками легко обчислюються відповідні зусилля від будь-яких рухомих навантажень.

деякого фактора Z_k (наприклад, опорної реакції в k -ой опорі або внутрішніх зусиль M_k, Q_k k) називають графік изменения Z_k в сечении k или опорной связи при перемещении по балке подвижной силы $P = 1$.

1 Побудова ліній впливу у двоопорній балці

Для побудови лінії впливу використовуються рівняння статички. Аналітичний вираз залежності шуканої величини від поточної координати одиничного навантаження і дасть рівняння лінії впливу.

1.1

Для побудови лінії впливу лівої реакції (рис. 11а) встановлю одиничне навантаження в довільний переріз на відстан x A запису B :

$$A \cdot l - P \cdot (l - x) = 0.$$

При $P = 1$

$$A = (l - x) / l.$$

Так як $0 \leq x \leq l$, то при $x = 0$ $A = 1$, а при $x = l$ $A = 0$.

вираз для реакції A , , ,

лінія впливу реакції опори A

(рис. 11, а). 1 , 1 B

моментів відносно опори A :

$$B \cdot l - 1 \cdot x = 0. \quad ? \quad B = x / l.$$

1.2

Для побудови лінії впливу згинального моменту в перерізі κ , розташованому на відстані a 1 ,

для моменту залежно від положення навантаження справа або зліва від перерізу (Рис. 11, б).

, 1.

Вираз для згинального моменту зліва від перерізу буде:

$$M_{\kappa} = A \cdot a.$$

З рівняння видно, 1 M (права гілка) буду як лінія впливу реакції A a .

Розглянемо тепер випадок, коли навантаження розташоване ліворуч від

, $x \leq a$. ? : , A

, B .

момент як суму сил справа від перерізу:

$$M_{\kappa} = B \cdot b.$$

Ліва гілка буду , 1 B

ординат на b . κ ,

з умови

при розташуванні одиничного навантаження над перерізом. У цьому легко визначивши ординату лінії впливу під перерізом κ ,

які утворилися: один — при побудові правої гілки, інший — при побудові лівої. Ордината під перерізом буде рівною

$$a \cdot b / l.$$

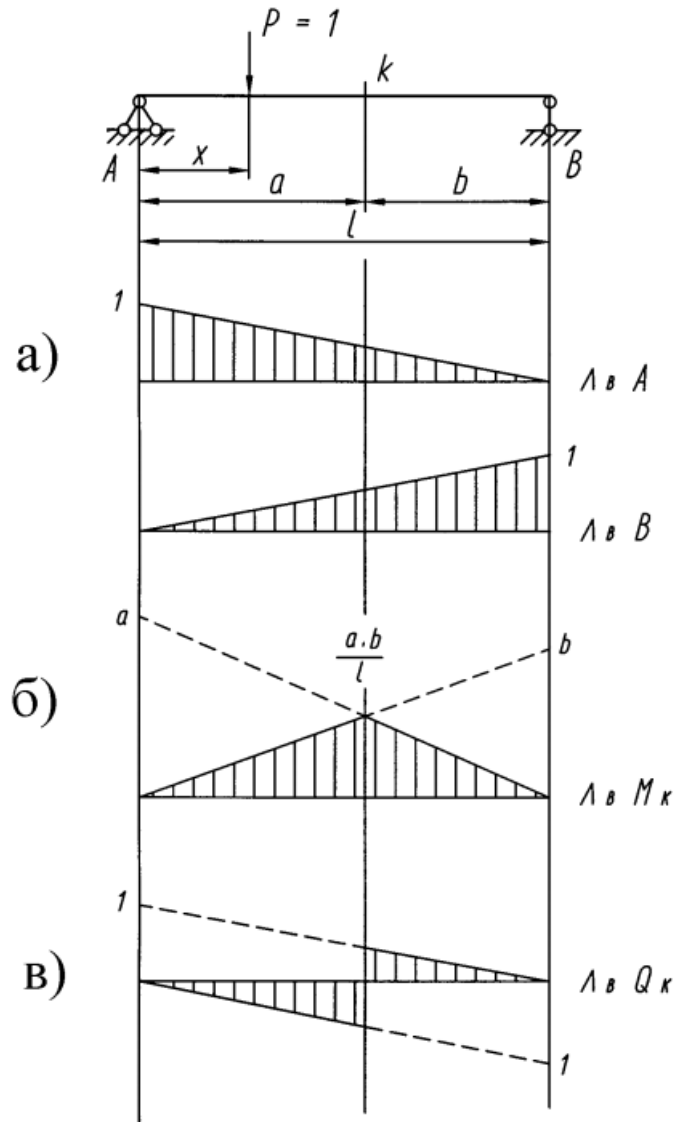


Рисунок 11. Лінії впливу у двоопорній балці

1.3

Величина і знак поперечної сили залежать від положення одиничного навантаження відносно перерізу k , поперечної сили при двох припущеннях, як і для згинального моменту.

Нехай одиничне навантаження руха

$$Q_K = A = (l - x) / l.$$

Це вираз поперечної сили визначає вплив. У цьому випадку поперечна сила позитивна, оскільки прагне повернути балку за годинниковою стрілкою (—).
 $x = 0 \quad Q = l, \quad x = l \quad Q = 0.$

У другому випадку, коли навантаження руха, вираз поперечної сили буде: $Q_K = -B = -x / l$. Поперечна сила негативна, оскільки прагне повернути балку проти годинникової стрілки (праворуч — вгору). При $x = 0 \quad Q = 0,$

$$x = l \quad Q = -l.$$

Лінія впливу поперечної сили наведена на рис. 11в.

1.4

Для побудови ліній впливу реакцій опор, моментів і поперечних сил у двоконсольній балці необхідно використовувати ті ж умови рівноваги. Відмінність полягатиме лише в тому, що навантаження при русі переходить і на консолі (рис. 12).

x до $l + d$ до c в опорі A .
 розташованого на лівій консолі (навантаження зліва від перерізу), отрима :

$$M_I = -P \cdot x = -x.$$

ліва гілка — $M_I = 0.$
 $x = 0$ e

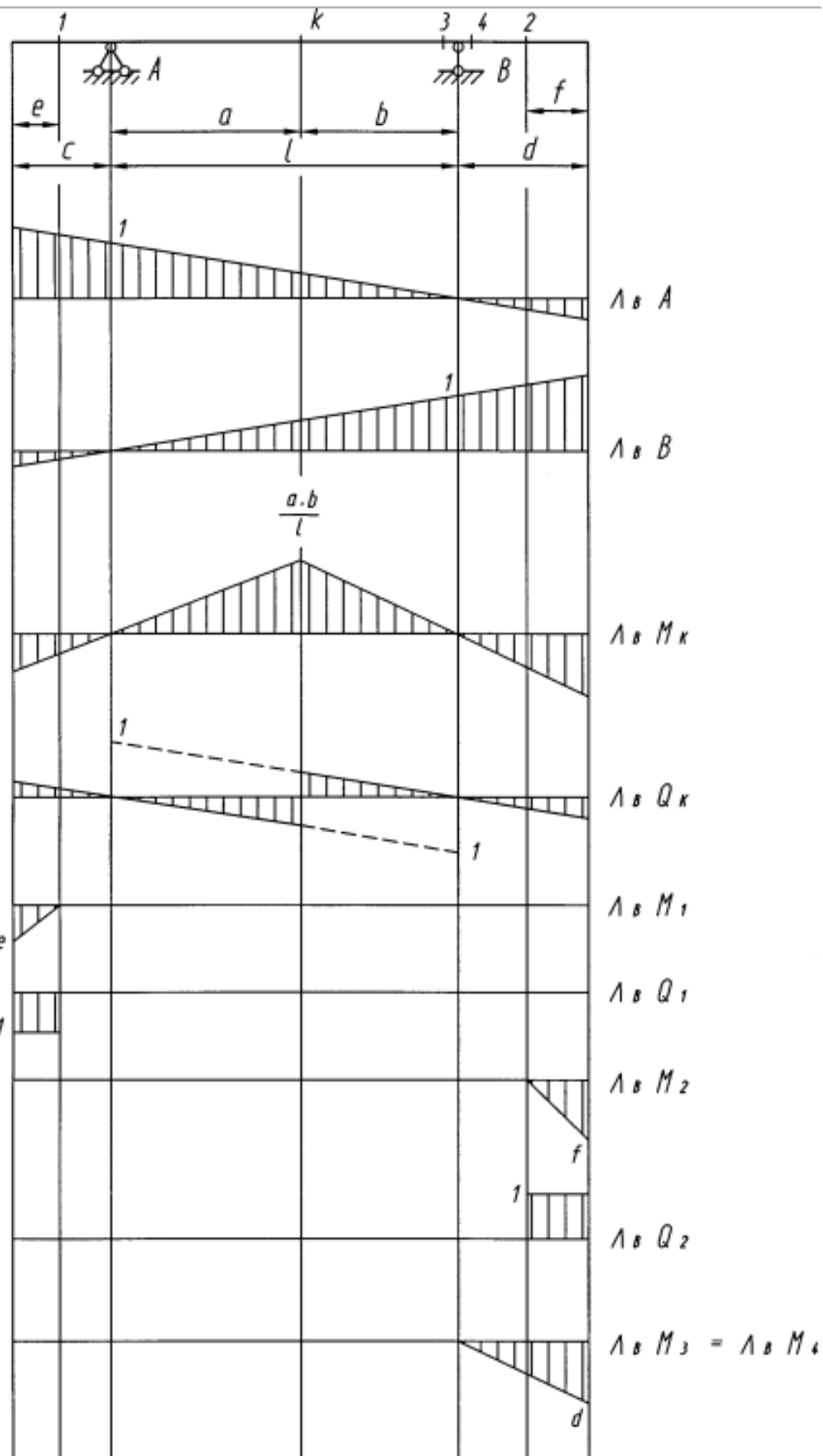


Рисунок 12. Лінії впливу в балці з консолями

Поперечна сила в перерізі I дорівнюватиме $Q_I = 0$. , $Q_I = -1$.

У цьому випадку права гілка має лінійний вплив, а ліва гілка паралельна нульовій лінії з ординатами, рівними одиниці.

Окрім цього, на рис. 12 представлені деякі інші лінії впливу для характерних перерізів.

3.3.2 Побудова ліній впливу в багатопрогоновій балці

Лінії впливу реакцій опор, згинальних моментів і поперечних сил у будь-якому перерізі багатопрогонової статично визначеної балки зручніше будувати за допомогою її «поверхової» схеми.

Розглянемо побудову ліній впливу багатопрогонової балки на конкретному прикладі (рис. 13).

Міжконсольні балки-вставки відносно основних двох консольних балок безпосередньо діють на основну балку.

Лінія впливу у другорядній балці не відрізняється від лінії впливу в однопролітній балці і обмежується нульовими ординатами на інших ділянках.

Лінію впливу в основній балці будуємо, переміщаючи одиничного навантаження по другорядних балках величина його впливу на консоль основної балки змінюється пропорційно передачі навантаження залишається постійною. Лінійний вплив достатньо визначити ординати в опорах другорядних балок (шарнірах) через відношення подібних сторін трикутників.

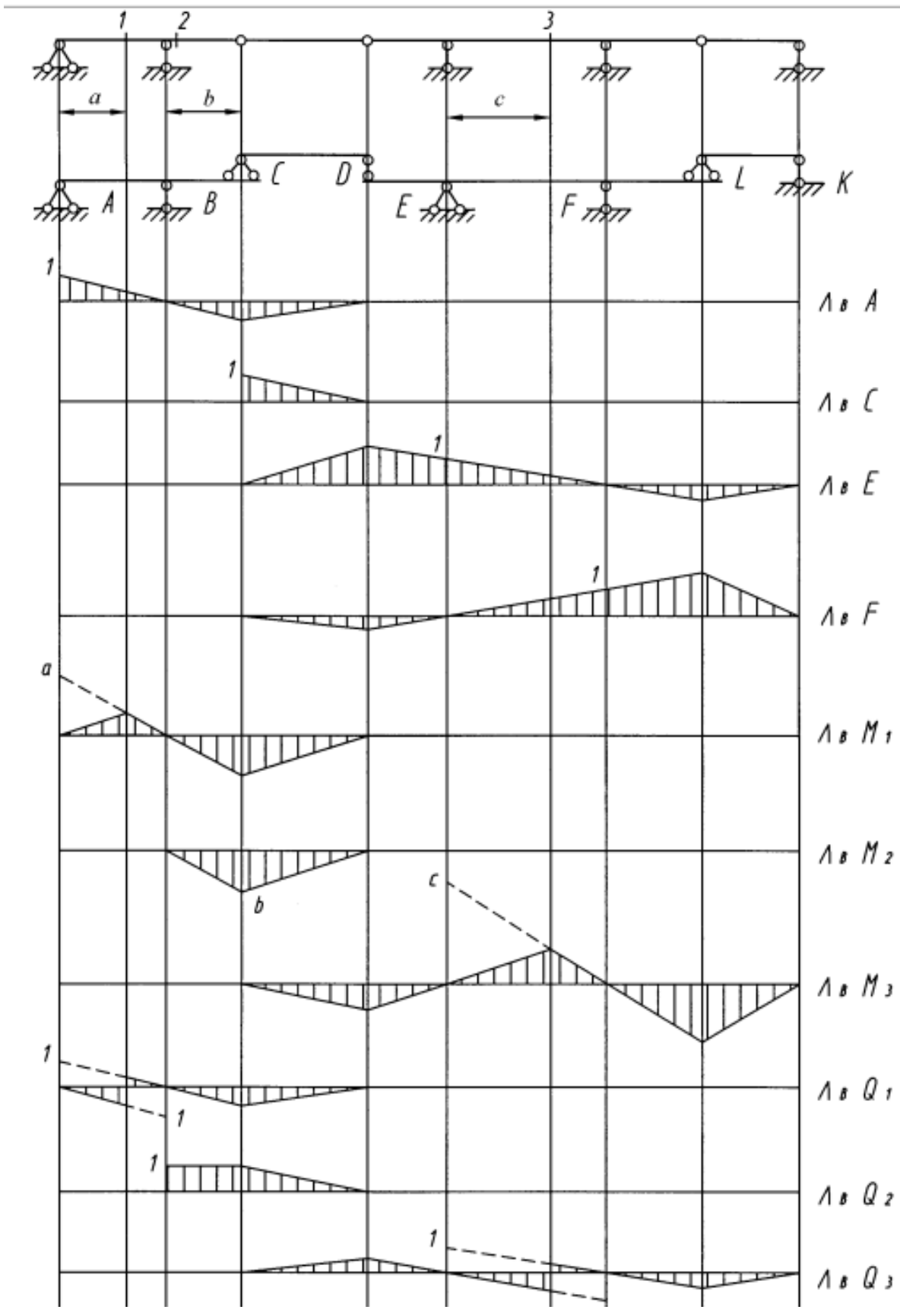


Рисунок 13. Лінії впливу в багатопрогнових балках

3.3.3 Визначення внутрішніх силових факторів і реакцій опор за лініями впливу

поперечної сили в якомусь перерізі балки, необхідно побудувати відповідну лінію впливу реакції або внутрішнього силового фактора цього перерізу.

Значення реакції опори, згинального моменту або поперечної сили в у заданому перерізі за відповідною лінією формулою:

$$S = \Sigma P \cdot y + \Sigma q \cdot \omega + \Sigma M \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

де S – реакція опори, P – зовнішня сила, q – розподілене навантаження, M – згинальний момент, y – відстань від опори до лінії впливу, ω – момент площі лінії впливу, α – кут нахилу лінії впливу до горизонталі.

Правило знаків для величин у цій формулі таке:

– **сила** – позитивна, якщо спрямована вниз, тобто в напрямку одиничного навантаження; **згинальний момент** – позитивний, якщо утворює годинникову стрілку. **кут нахилу лінії впливу** – позитивний, якщо лінія впливу нахилена до горизонталі.

Кут нахилу лінії впливу α позитивний, якщо він утворює обертаннюм нульової лінії за годинниковою стрілкою.

Згідно з наведеною формулою, при обчисленні значення реакції опори, згинального моменту або поперечної сили в заданому перерізі необхідно просумувати добутки всіх діючих на балку сил і моментів і розподілених навантажень на відповідні параметри лінії впливу.

3.3.4 Приклад побудови ліній впливу опорних реакцій та внутрішніх зусиль

Техніку побудови ліній впливу покажемо на прикладі розрахунку балки на рухомі навантаження (рис. 14). Розрахункова схема балки і відповідна «поверхова» схема кресляться в масштабі без вказання зовнішніх навантажень (рис. 14а), але із зазначенням перерізів. Для побудови ліній впливу опорних реакцій V_A , M_A M_1 , Q_1 в нижній (основній) балці зверта $l_1 = 4\text{ м}$ і $C_1 = 2\text{ м}$. загальний графік,

Після того, як рухомий вантаж $\bar{P} = 1$ переходить на балку Б – Г верхнього ярусу, тиск від нього розподілятиметься за законом важеля (за лінійним законом) між кінцем консолі Б, де знаходиться «висяча» опора Б, та наземною опорою В.

Розташуванні вантажу $\bar{P} = 1$ на опоріопорний тиск буде дорівнювати одиниці, поэтому искомые усилия будут выражаться ординатами ліній впливу балки А – Б. При розташуванні вантажу $\bar{P} = 1$ над опорою В реакція в ній буде дорівнювати $V_B = 1$ і всі другі реакції, а також зусилля, будуть дорівнюють нулю. Тому під кожною наземною опорою всіх балок верхніх ярусів усіх лініях впливу (крім опорної реакції самої наземної опори) будуть нульові точки. Між двома ординатами, що обговорюються, всі лінії впливу лінійні (в межах відповідних балок).

При переході $\bar{P} = 1$ на основну балку Д – З всі лінії впливу виявляються нульовими, оскільки балки, що спираються на балку А – Б, будуть незавантажені.

При побудові ліній впливу реакцій V_B , V_V и зусиль M_2 , Q_2 , M_3 , Q_3 слід враховувати, що балка другого ярусу Б – Г (перша типова задача для реакцій Б і В). Переріз «2» знаходиться між опорами Б і В, тобто в прольотній частині. Тому відповідає задачі. Переріз «3» знаходиться в консолі, (всі опорні зв'язки балки Б - В розташовуються лівіше перерізу), тобто це друге типове завдання.

Приклади побудови ліній впливу наводяться на рис. 14, 15.

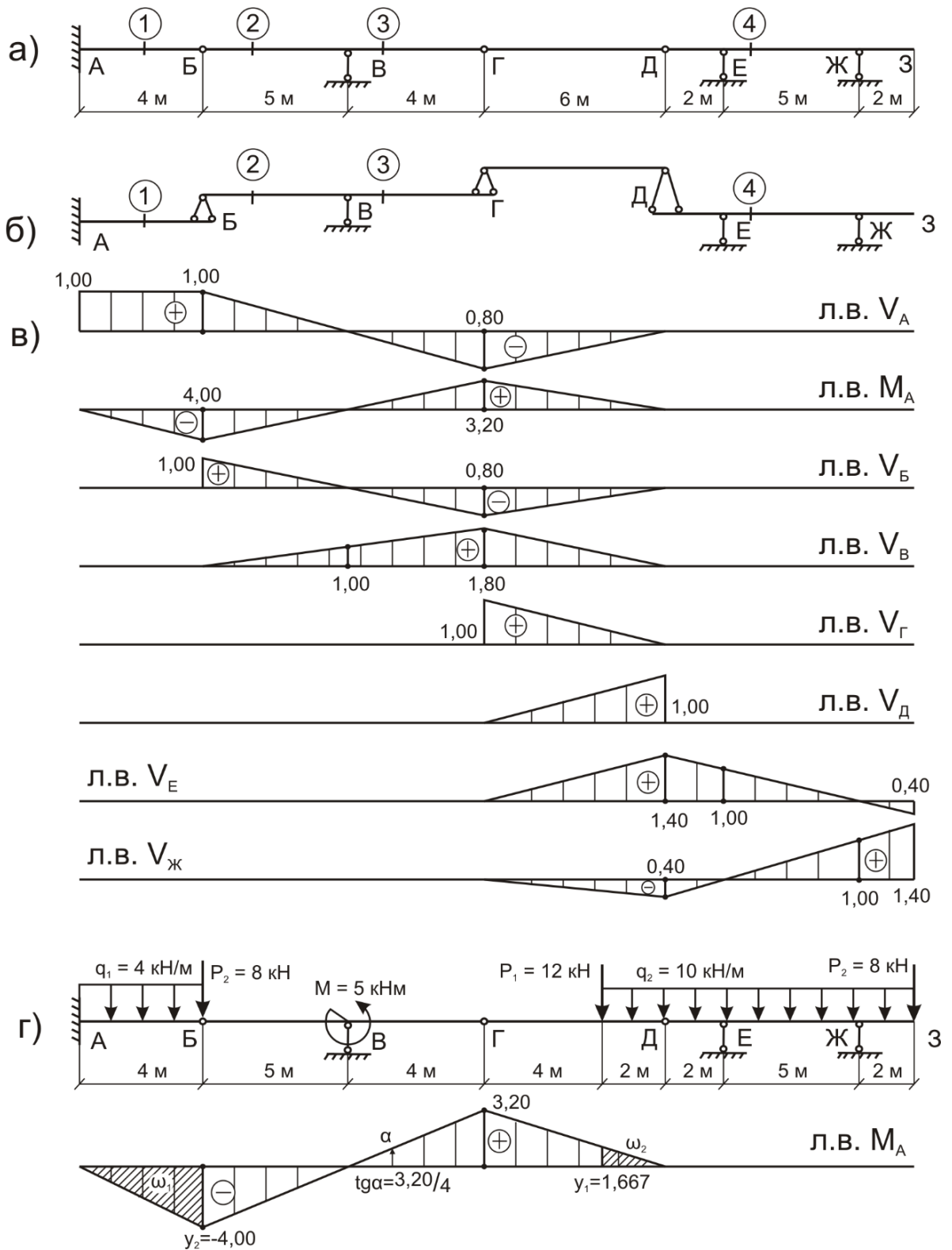


Рисунок 14

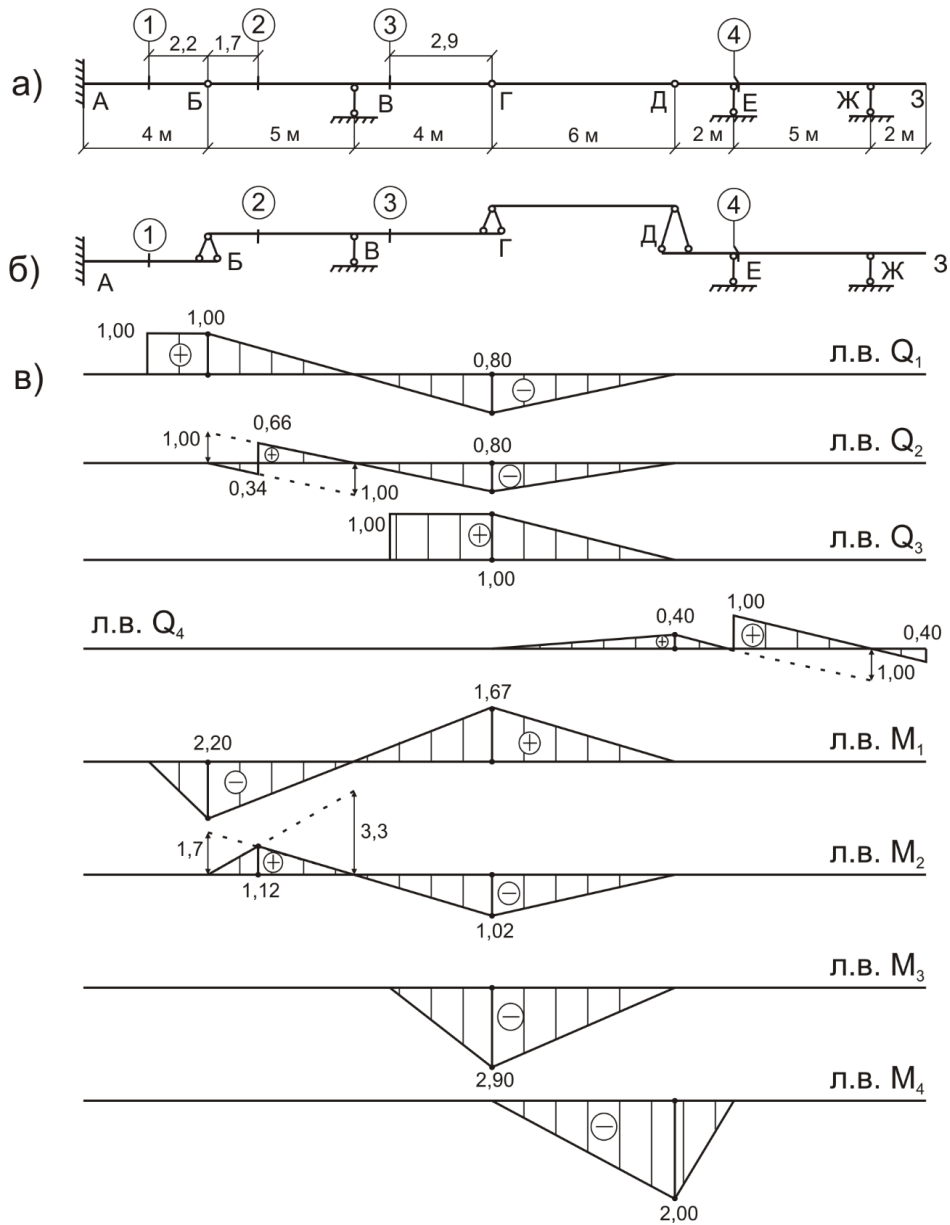


Рисунок 15

3.3.5 Приклад обчислення реакцій та зусиль по лініях впливу

Для обчислення по лініях впливу фактора, що цікавить нас Z_k (наприклад, опорної реакції V_k M_k Q_k) необхідно знайти алгебраїчну суму добутків:

а) кожної зосередженої зовнішньої сили P_i на ординати відповідної лінії впливу u_i , , ;

б) інтенсивності кожного рівномірно розподіленого навантаження q_i на площу w_i відповідної лінії впливу розташовану на ділянці дії q_i ;

в) зосередженого зовнішнього моменту M_i лінії впливу під перерізом $\text{tg}\alpha_i$,

Для наочності ці дії проілюстровані на рис. 16, де всі величини показані позитивними. Особливу увагу слід звернути на позитивні напрямки зовнішніх моментів і кутів.

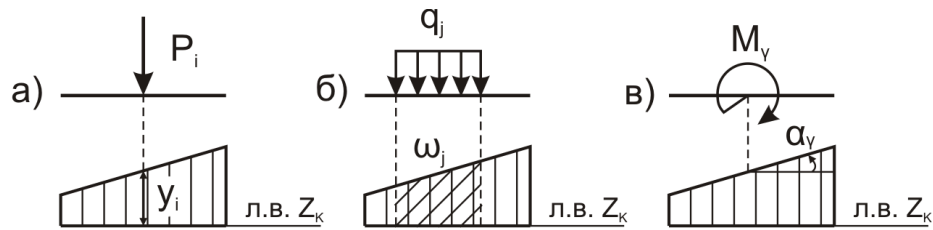


Рисунок 16

$$Z_k = \sum_i P_i y_i + \sum_j q_j \omega_j + \sum_\gamma M_\gamma \text{tg} \alpha_\gamma$$

Як приклад обчислимо величину опорного моменту M_A M_A (рис. 14г) від дії заданого нерухомого навантаження (рис. 7а).

$$M_A = q_1 \cdot w_1 + P_2 \cdot y_2 + M \cdot \text{tg} \alpha + P_1 \cdot y_1 + q_2 \cdot \omega_2 = -4 \cdot 1/2 \cdot 4 \cdot 4 - 8 \cdot 4 - 5 \cdot 3,2 / 4 + 12 \cdot 3,2 / 3 + 10 \cdot 1 / 2 \cdot 3,2 / 3 \cdot 2 = -4,53 \text{ кНм.}$$

З розрахунку на нерухомі навантаження (рис. 7) $M_A = -4,56 \text{ кНм.}$

Похибка $\delta = (44,46 - 44,53) / 44,53 \cdot 100 = 0,067\%$ пов'язана із заокругленням результатів.

3.4 Виконання розрахунку на ПК

Розрахунок викону , 1 1
/5/ /6/, 1 .

Бібліографічний список

1. Будівельна механіка. В. Яременко, А. Куценко, М. Бондар. Видавництво Центр навчальної літератури. С. 2019 - 704с.
2. Дорошук Г.П., Трач В.М. Основи будівельної механіки: Підручник.-Рівне. УДУВГП, 2003. -504 с.
3. Яременко О.Ф., Шибанін В.С., Орлова А.М. та ін. Будівельна механіка у прикладах: Посібник,-Одеса, 2003. -246 с.
4. Чихладзе Е.Д. Будівельна механіка: Підручник.-Харків: УкрДАЗТ, 2002.-305с.
5. Баженов В.А., Іванченко Г.М., Шишов О.В. Будівельна механіка. Розрахункові справи. Задачі. Комп'ютерне тестування. К.: Каравела, 2006.-343 с
6. “Метод скінчених елементів і автоматизовані системи розрахунків на міцність”. Методичні вказівки до вивчення теми "Розрахунок зусиль в елементах ферми в програмному комплексі "Лири" за вимогами кредитномодульної системи навчання для магістрів спеціальності 8.06010101 – “Промислове і цивільне будівництво”/ Укл.: Г.Д. Портнов, А.А. Тихий – Кіровоград: КНТУ, 2014. – 32 с.
7. “Метод скінчених елементів і автоматизовані системи розрахунків на міцність”. Методичні вказівки до вивчення теми ««Проектування металеві ферми в ПОК «SCAD» за вимогами кредитно-модульної системи навчання для магістрів спеціальності 8.06010101 –“Промислове і цивільне будівництво”/ Укл.: Г.Д. Портнов, А.А. Тихий – Кіровоград: КНТУ, 2015. –46 с.

Зміст

Вступ	3
1. Вимоги до виконання завдання	3
2. Технічне завдання	5
3. Теоретична частина	11
3.1 Перетворення розрахункової схеми	11
3.2	13
3.3 Розрахунок на рухомі навантаження.....	20
3.4 Виконання розрахунку на ПК	31
Бібліографічний список.....	32