

Министерство образования и науки Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

\_\_\_\_\_

(институт)

\_\_\_\_\_

(кафедра)

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ № \_\_\_\_**

по учебному курсу «\_\_\_\_\_»

Вариант \_\_\_\_ (*при наличии*)

Студент

\_\_\_\_\_

(И.О. Фамилия)

Группа

\_\_\_\_\_

(И.О. Фамилия)

Ассистент

\_\_\_\_\_

(И.О. Фамилия)

Преподаватель

\_\_\_\_\_

(И.О. Фамилия)

Тольятти 20\_\_



## СОДЕРЖАНИЕ

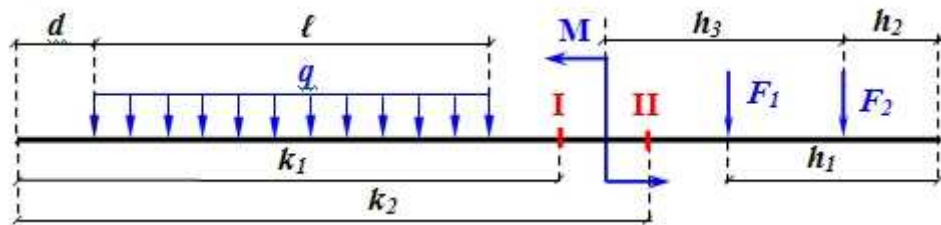
Задание для выполнения практической работы. Исходные данные по варианту.....	3
Решение задачи.....	4
Библиографический список.....	11

## Задание для выполнения практической работы

1. Вычертить в масштабе заданную схему балки. Проверить статическую определимость балки.
2. Проверить геометрическую неизменяемость системы по формуле:  $W = 3Д - 2Ш - C_{оп}$  и провести анализ структурообразования системы.
3. Построить эпюры  $M, Q$  (поэтажно и в целом).
4. Построить кинематическим способом линии влияния для всех опорных реакций при перемещении по балке груза  $F = 1$ .
5. Построить кинематическим способом линии влияния для  $M$  и  $Q$  в сечениях I, II, III и IV.
6. По линиям влияния определить опорные реакции балки, перерезывающую силу и изгибающий момент в сечениях I, II, III и IV. Сравнить результаты с аналитическим расчетом.

### Исходные данные по варианту

1. Схема загрузки балки:

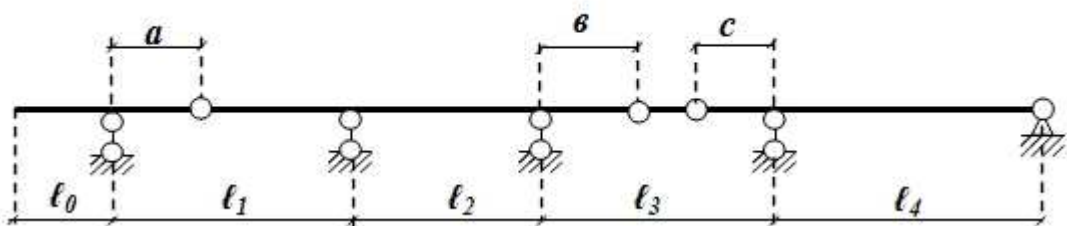


Сечение III выбирается в произвольном шарнире, врезанном в балку (на усмотрение студента).

Сечение IV выбирается в произвольной опоре, кроме крайних (на усмотрение студента).

2. Схема по варианту:

Схема №5



3. Числовые значения размеров и нагрузок по варианту:

№	$l_0$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$a$	$b$	$c$	$d$	$l$	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$k_1$	$k_2$	$F_1$	$F_2$	$q$	$M^*$	
ед.из	м	м	м	м	м	м	м	м	м	м	м	м	м	м	м	кН	кН	кН/м	кНм	
<b>2</b>	3	4	6	5	4	2	1	2	0	15										
<b>6</b>											8	3	2,5	8,5	5,5	5	4	3	- 4	

\* если момент имеет знак минус, значит на схеме балки он показывается с противоположным направлением.

## Решение задачи

**1. Вычерчиваем в масштабе расчетную схему балки в соответствии с данными, с указанием размеров и нагрузок в числах (Рис.1,а).**

**2. Проверяем выполнение необходимых условий геометрической неизменяемости и статической определимости балки по формуле:**

$$W = 3 \cdot Д - 2 \cdot Ш - C_{он} = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 3 - 6 = 0$$

**Вывод:** Необходимое условие выполняется.

Составляем «поэтажную» схему взаимодействия элементов балки, для проверки достаточного условия геометрической неизменяемости системы (Рис.1,б). Из схемы видно, что шарниры расположены правильно.

**Вывод:** Заданная балка статически определимая и геометрически неизменяемая.

**3. Строим эпюры поперечных сил  $Q$  и изгибающих моментов  $M$  для отдельных частей балки и для балки в целом:**

Строим эпюры  $Q$  и  $M$  для второстепенной балки ① (Рис.1,в):

→ Определяем значения опорных реакций:

$$\Sigma M_A = V_L \cdot 2 + 3 \cdot 2 \cdot 1 - 3 \cdot 3 \cdot 1,5 = 0 \Rightarrow V_L = 3,75 \text{ кН},$$

$$\Sigma M_L = V_A \cdot 2 - 3 \cdot 5 \cdot 2,5 = 0 \Rightarrow V_A = 18,75 \text{ кН}.$$

$$\text{Проверка: } \Sigma Y = 18,75 - 3,75 - 3 \cdot 5 = 0 \Rightarrow \text{Реакции определены верно.}$$

→ Определяем в характерных сечениях значения  $Q$  и  $M$ :

$$Q_K = 0, \quad Q_L = 3,75 \text{ кН},$$

$$M_K = 0,$$

$$Q_A^{лев} = -3 \cdot 3 = -9 \text{ кН},$$

$$M_A = -3 \cdot 3 \cdot 0,5 = -13,5 \text{ кНм},$$

$$Q_A^{пр} = -3 \cdot 3 + 18,75 = 9,75 \text{ кН}.$$

$$M_L = 0.$$

→ По полученным ординатам строим соответствующие эпюры.

Строим эпюры  $Q$  и  $M$  для второстепенной балки ② (Рис.1,г):

→ Определяем значения опорных реакций:

$$\Sigma M_S = V_T \cdot 2 - 3 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0 \Rightarrow V_T = 0,75 \text{ кН},$$

$$\Sigma M_T = V_S \cdot 2 - 3 \cdot 1 \cdot 1,5 - 5 \cdot 2 = 0 \Rightarrow V_S = 7,25 \text{ кН}.$$

$$\text{Проверка: } \Sigma Y = 7,25 + 0,75 - 5 - 3 \cdot 1 = 0 \Rightarrow \text{Реакции определены верно.}$$

→ Определяем в характерных сечениях значения  $Q$  и  $M$ :

$$Q_S = 7,25 - 5 = 2,25 \text{ кН},$$

$$M_S = 0, \quad M_T = 0,$$

$$Q_{N-T} = -0,75 \text{ кН}.$$

$$M_N = 0,75 \cdot 1 = 0,75 \text{ кНм}.$$

Координата сечения в котором  $Q = 0$  и соответствующий изгибающий момент  $M$ :

$$x_1 = \frac{|Q_S|}{q} = \frac{2,25}{3} = 0,75 \text{ м} \Rightarrow M(x_1) = 2,25 \cdot 0,75 - 3 \cdot \frac{0,75^2}{2} = 0,84 \text{ кНм}.$$

→ По полученным ординатам строим соответствующие эпюры.

Строим эпюры  $Q$  и  $M$  для главной балки ③ (Рис.1,д):

→ Определяем значения опорных реакций:

$$\Sigma M_B = V_C \cdot 6 - 7,25 \cdot 7 - 3,75 \cdot 2 - 3 \cdot 7 \cdot 3,5 + 3 \cdot 2 \cdot 1 = 0 \Rightarrow V_C = 20,958 \text{ кН},$$

$$\Sigma M_C = V_B \cdot 6 + 7,25 \cdot 1 + 3,75 \cdot 8 - 3 \cdot 8 \cdot 4 + 3 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0 \Rightarrow V_B = 9,542 \text{ кН}.$$

$$\text{Проверка: } \Sigma Y = 9,542 + 20,958 + 3,75 - 7,25 - 3 \cdot 9 = 0 \Rightarrow \text{Реакции определены верно.}$$

→ Определяем в характерных сечениях значения  $Q$  и  $M$ :

$$Q_L = 3,75 \text{ кН},$$

$$M_L = 0,$$

$$Q_B^{Лев} = 3,75 - 3 \cdot 2 = -2,25 \text{ кН},$$

$$M_B = 3,75 \cdot 2 - 3 \cdot 2 \cdot 1 = 1,5 \text{ кНм},$$

$$Q_B^{Пр} = Q_B^{Лев} + 9,542 = 7,292 \text{ кН},$$

$$M_C = -7,25 \cdot 1 - 3 \cdot 1 \cdot 0,5 = -8,75 \text{ кНм},$$

$$Q_C^{Лев} = 7,25 + 3 \cdot 1 - 20,958 = -10,708 \text{ кН},$$

$$M_{1-1} = 3,75 \cdot 3,5 + 9,542 \cdot 1,5 - 3 \cdot 3,5^2 / 2 = 9,063 \text{ кНм},$$

$$Q_C^{Пр} = 7,25 + 3 \cdot 1 = 10,25 \text{ кН},$$

$$M_{2-2} = 3,75 \cdot 0,5 - 3 \cdot 0,5^2 / 2 = 1,5 \text{ кНм},$$

$$Q_S = 7,25 \text{ кН}.$$

$$M_S = 0.$$

Координаты сечений в которых  $Q = 0$  и соответствующие изгибающие моменты  $M$ :

$$x_2 = \frac{|Q_L|}{q} = \frac{3,75}{3} = 1,25 \text{ м} \Rightarrow M(x_2) = 3,75 \cdot 1,25 - 3 \cdot \frac{1,25^2}{2} = 2,34 \text{ кНм},$$

$$x_3 = \frac{|Q_B^{Пр}|}{q} = \frac{7,292}{3} = 2,43 \text{ м} \Rightarrow M(x_3) = 3,75 \cdot 4,43 + 9,542 \cdot 2,43 - 3 \cdot \frac{4,43^2}{2} = 10,36 \text{ кНм}.$$

→ По полученным ординатам строим соответствующие эпюры.

Строим эпюры  $Q$  и  $M$  для главной балки ④ (Рис.1,е):

→ Определяем значения опорных реакций:

$$\Sigma M_D = V_E \cdot 4 + 0,75 \cdot 2 - 4 - 4 \cdot 1 = 0 \Rightarrow V_E = 1,625 \text{ кН},$$

$$\Sigma M_E = V_D \cdot 4 - 0,75 \cdot 6 + 4 - 4 \cdot 3 = 0 \Rightarrow V_D = 3,125 \text{ кН}.$$

$$\text{Проверка: } \Sigma Y = 3,125 + 1,625 - 4 - 0,75 = 0 \Rightarrow \text{Реакции определены верно.}$$

→ Определяем в характерных сечениях значения  $Q$  и  $M$ :

$$Q_{T-D} = -0,75 \text{ кН} = Q_{3-3} = Q_{4-4},$$

$$M_T = 0, \quad M_E = 0,$$

$$Q_{D-F_2} = -1,625 + 4 = 2,375 \text{ кН},$$

$$M_B = 3,75 \cdot 2 - 3 \cdot 2 \cdot 1 = 1,5 \text{ кНм},$$

$$Q_{E-F_2} = -1,625 \text{ кН}.$$

$$M(M)^{Лев} = -0,75 \cdot 0,5 = -0,375 \text{ кНм},$$

$$M(M)^{Пр} = -0,75 \cdot 0,5 + 4 = 3,625 \text{ кНм},$$

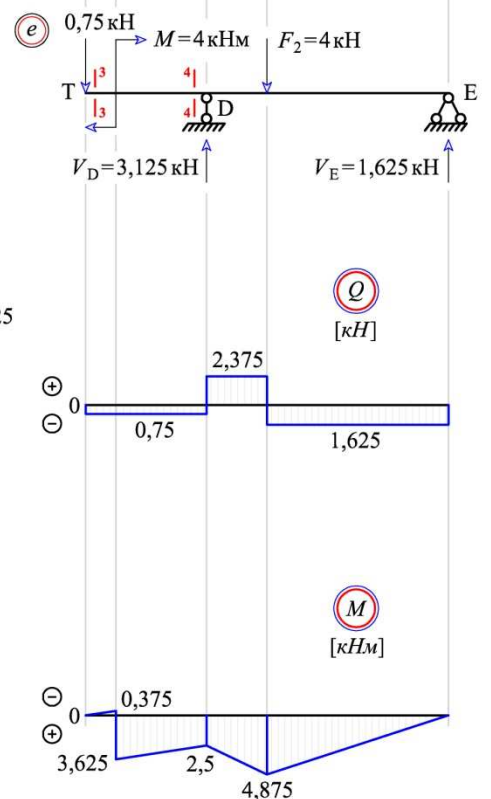
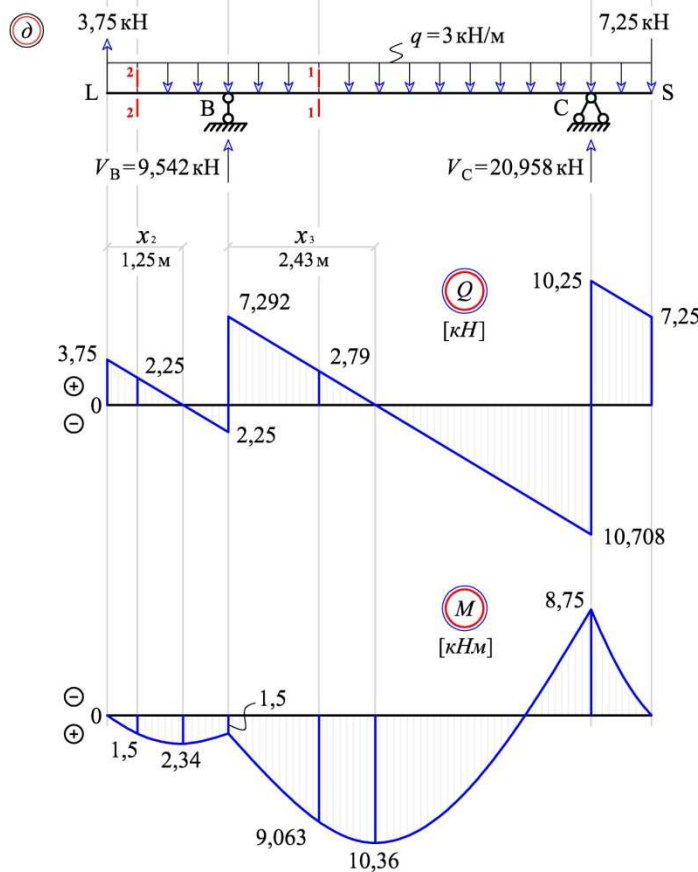
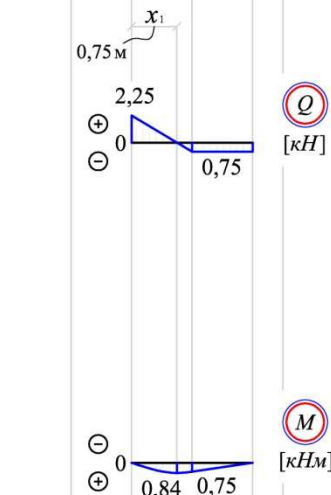
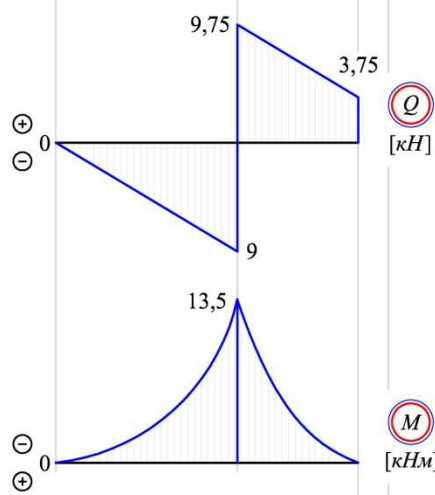
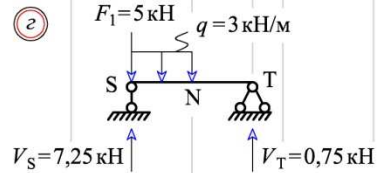
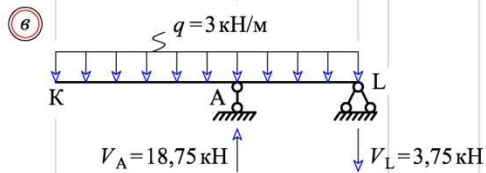
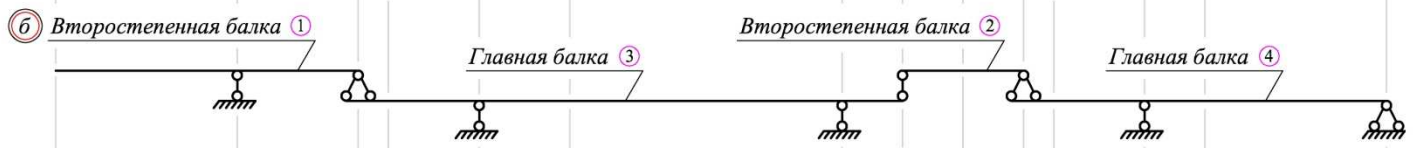
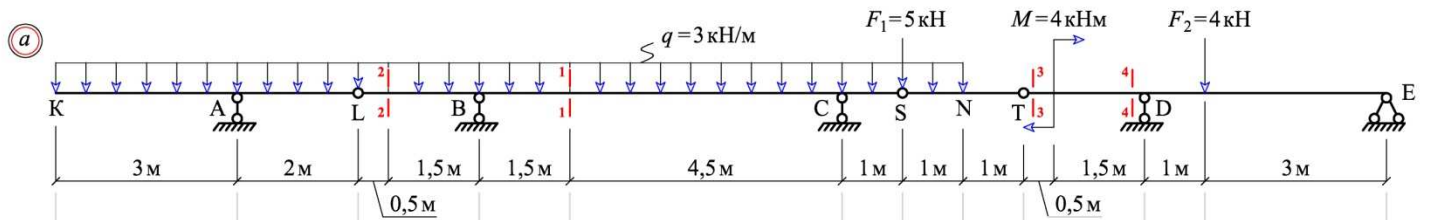
$$M_D = -0,75 \cdot 2 + 4 = 2,5 \text{ кНм},$$

$$M(F_2) = 1,625 \cdot 3 = 4,875 \text{ кНм}.$$

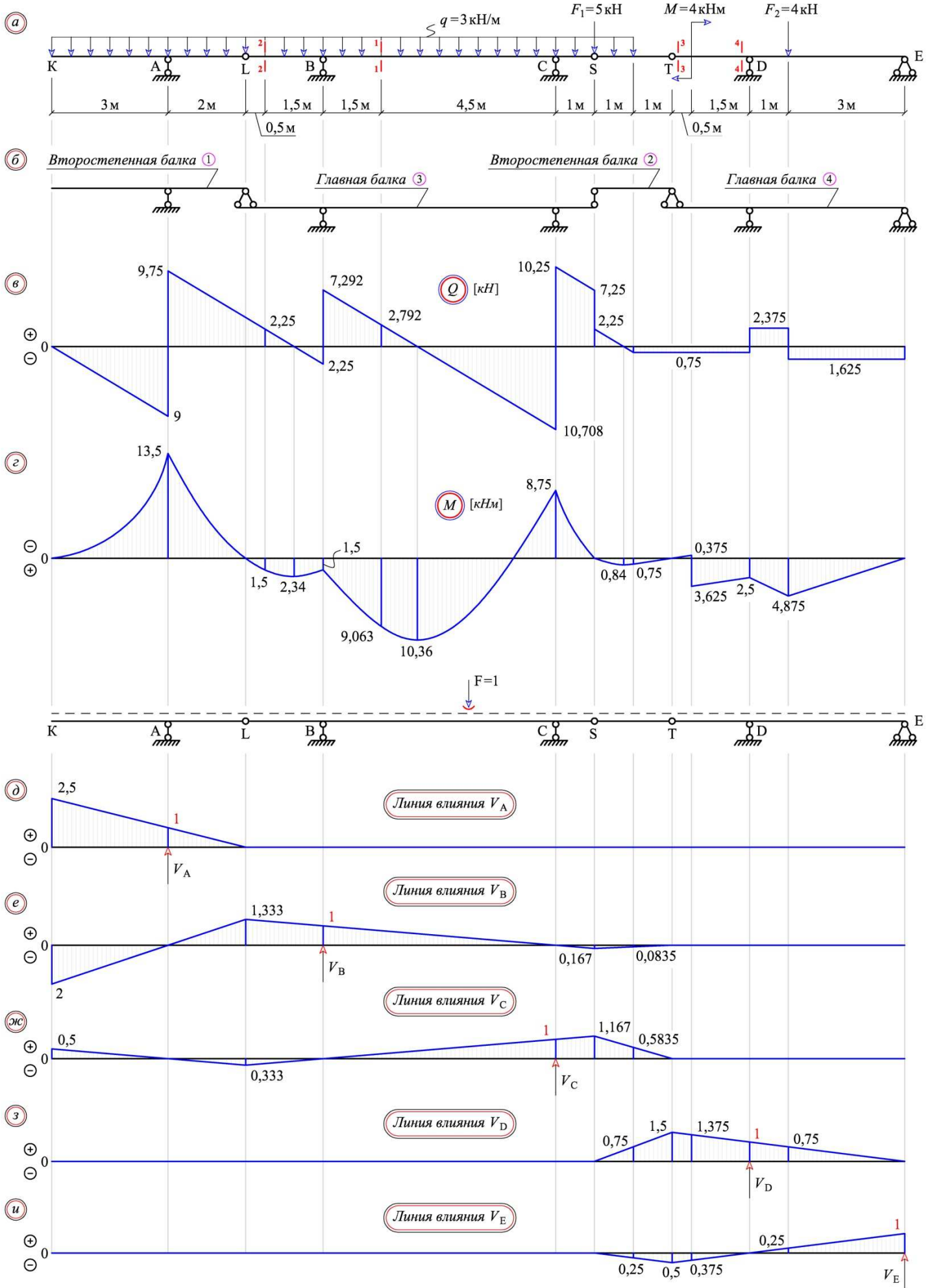
→ По полученным ординатам строим соответствующие эпюры.

Строим эпюры  $Q$  и  $M$  для балки в целом (Рис.2,в,г):

Совмещаем соответствующие эпюры, построенные для отдельных частей заданной составной балки, тем самым получаем эпюры  $Q$  и  $M$  для балки в целом.

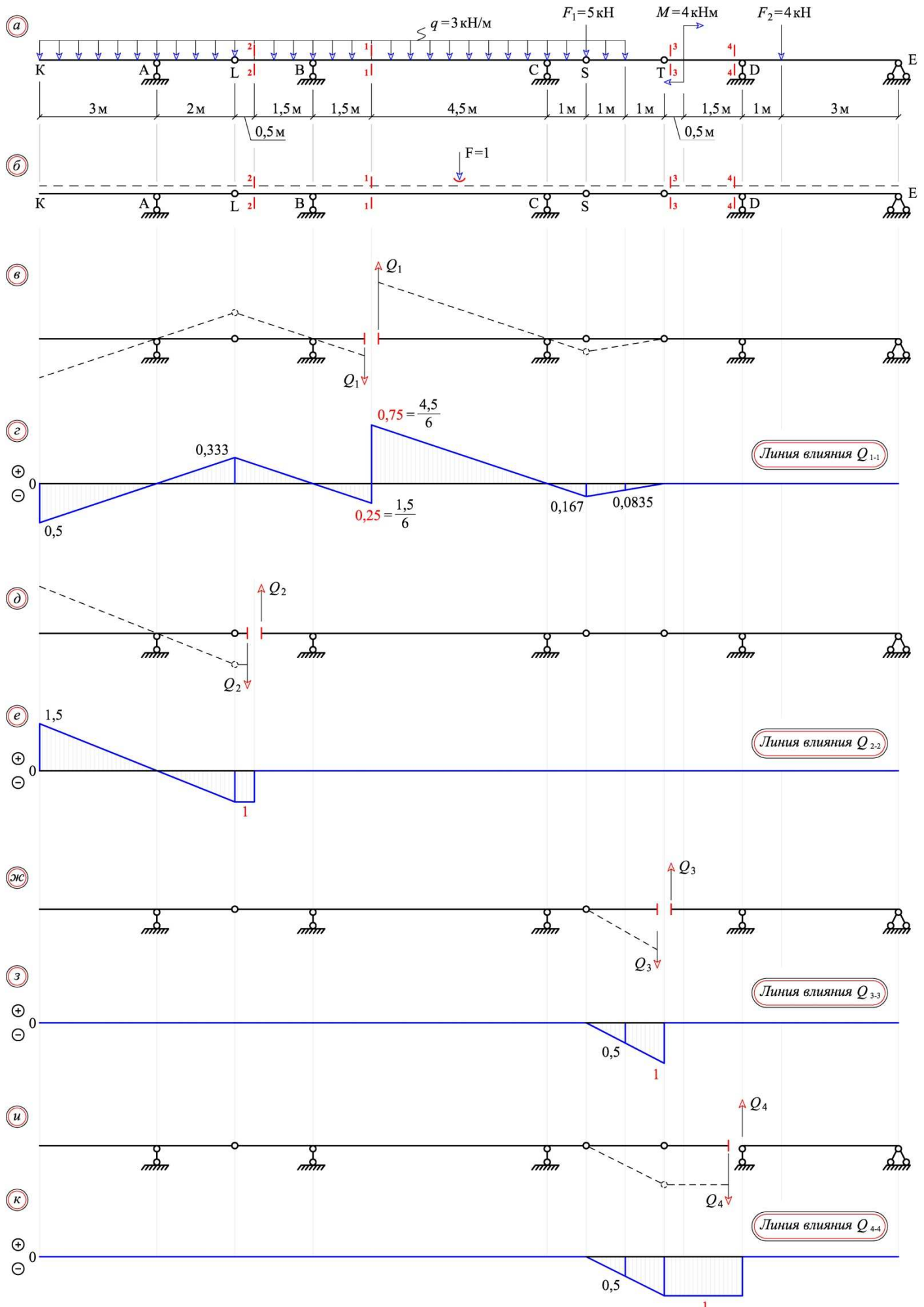


**Рисунок 1**



**Рисунок 2**





**Рисунок 3**



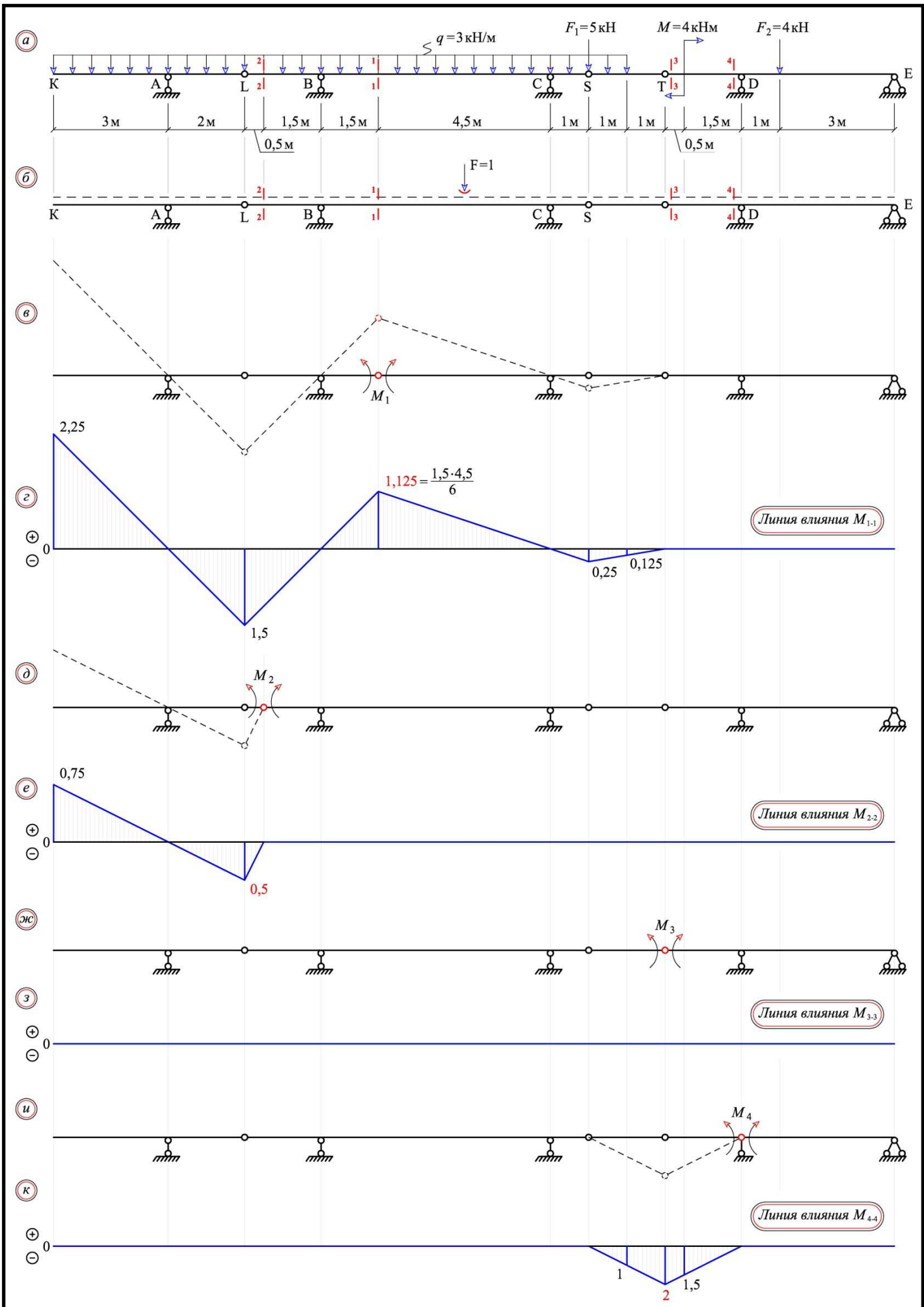


Рисунок 4

4. Строим кинематическим способом линии влияния для всех вертикальных опорных реакций (Рис.2, д-и).

5. Строим кинематическим способом линии влияния поперечных сил  $Q$  (Рис.3) и изгибающих моментов  $M$  (Рис.4) для сечений 1-1, 2-2, 3-3 и 4-4.

6. Определяем по линиям влияния значения соответствующих им усилий и сравниваем результаты со значениями, полученными при построении эпюр:

$$S_k^{Л.В.} = \sum q_i \cdot \omega_i + \sum P_i \cdot y_i + \sum q_i \cdot \omega_i + \sum M_i \cdot tg\alpha_i$$

$$V_A^{Л.В.} = 3 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2,5 \cdot 5 = 18,75 \text{ кН},$$

$$V_B^{Л.В.} = 3 \cdot \frac{1}{2} \cdot (-2 \cdot 3 + 1,333 \cdot 10 - 0,167 \cdot 3 + 0,0835 \cdot 1) - 5 \cdot 0,167 = 9,542 \text{ кН},$$

$$V_C^{Л.В.} = 3 \cdot \frac{1}{2} \cdot (0,5 \cdot 3 - 0,333 \cdot 4 + 1,167 \cdot 9 - 0,5835 \cdot 1) + 5 \cdot 1,167 = 20,958 \text{ кН},$$

$$V_D^{Л.В.} = 3 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,75 \cdot 1 + 4 \cdot 0,75 - 4 \cdot \frac{1,375}{5,5} = 3,125 \text{ кН},$$

$$V_E^{Л.В.} = -3 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,25 \cdot 1 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot \frac{0,375}{1,5} = 1,625 \text{ кН}.$$

$$Q_{1-1}^{Л.В.} = 3 \cdot \frac{1}{2} \cdot (-0,5 \cdot 3 + 0,333 \cdot 4 - 0,25 \cdot 1,5 + 0,75 \cdot 4,5 - 0,167 \cdot 3 + 0,0835 \cdot 1) - 5 \cdot 0,167 = 2,79 \text{ кН},$$

$$Q_{2-2}^{Л.В.} = 3 \cdot \frac{1}{2} \cdot (1,5 \cdot 3 - 1 \cdot 2) - 3 \cdot 1 \cdot 0,5 = 2,25 \text{ кН},$$

$$Q_{3-3}^{Л.В.} = -3 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 0,5 = -0,75 \text{ кН},$$

$$Q_{4-4}^{Л.В.} = -3 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 0,5 = -0,75 \text{ кН}.$$

$$M_{1-1}^{Л.В.} = 3 \cdot \frac{1}{2} \cdot (2,25 \cdot 3 - 1,5 \cdot 4 + 1,125 \cdot 6 - 0,25 \cdot 3 + 0,125 \cdot 1) - 5 \cdot 0,25 = 9,063 \text{ кНм},$$

$$M_{2-2}^{Л.В.} = 3 \cdot \frac{1}{2} \cdot (0,75 \cdot 3 - 0,5 \cdot 2,5) = 1,5 \text{ кНм},$$

$$M_{3-3}^{Л.В.} = 0,$$

$$M_{4-4}^{Л.В.} = -3 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1 + 4 \cdot \frac{1,5}{1,5} = 2,5 \text{ кНм}.$$

**Вывод:** Результаты двух расчетов совпадают  $\Rightarrow$  задача решена верно.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Расчет статически определимой балки: Метод. указания. /Сост. Э.Р. Ефименко. Тольятти: ТГУ, 2013. 11 с.
2. Анохин Н.Н. Строительная механика в примерах и задачах. Ч. I. Статически определимые системы: Учеб. пос. – М.: Изд-во АСВ, 1999. – 335 с.
3. Дарков А.В., Шапошников Н.Н. Строительная механика: Учеб. для строит. спец. вузов – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 607 с.: ил.