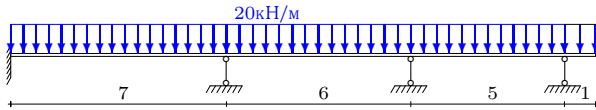


Расчет многопролетной неразрезной балки



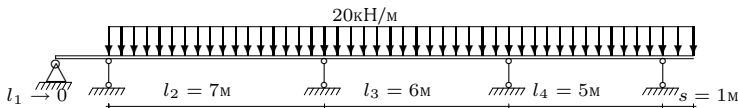
Кинематический анализ

$$W = 3D - 2 - C_0 = 3 \cdot 1 - 0 - 6 = -3.$$

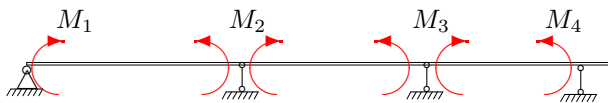
Диск "балка" и диск "земля" соединены 6 стержнями, не пересекающимися в одной точке. Для их объединения достаточно три стержня. Система геометрически неизменяема с 3 лишними связями.

Расчет балки на постоянную нагрузку (собственный вес, капитальное оборудование)

Заданная система



Основная система



$$M_0 = 0, \quad M_4 = -20 \cdot 1^2 / 2 = -10 \text{ кНм.}$$

M_1, M_2, M_3 - неизвестны.

Эпюры изгибающих моментов M_p и поперечных сил Q_p .

Рассчитывая каждый пролет как отдельную балку, получим при постоянной нагрузке:

1) Опорные реакции

$$A_2 = B_2 = 20 \cdot 7 / 2 = 70 \text{ кН.}$$

$$A_3 = B_3 = 20 \cdot 6 / 2 = 60 \text{ кН.}$$

$$A_4 = B_4 = 20 \cdot 5 / 2 = 50 \text{ кН.}$$

2) Изгибающие моменты в серединах пролетов

$$f_2 = 20 \cdot 7^2 / 8 = 122.5 \text{ кНм.}$$

$$f_3 = 20 \cdot 6^2 / 8 = 90 \text{ кНм.}$$

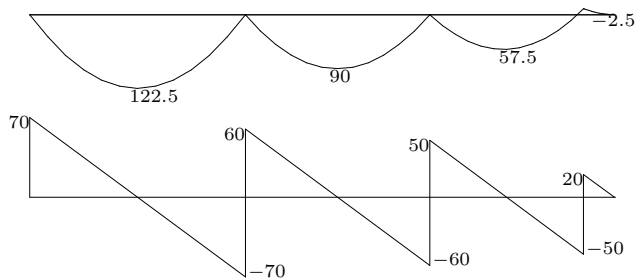
$$f_4 = 20 \cdot 5^2 / 8 = 62.5 \text{ кНм.}$$

3) Площади эпюр изгибающих моментов

$$\omega_2 = \frac{2}{3} \cdot 122.5 \cdot 7 = 571.67 \text{ кНм}^2.$$

$$\omega_3 = \frac{2}{3} \cdot 90 \cdot 6 = 360 \text{ кНм}^2.$$

$$\omega_4 = \frac{2}{3} \cdot 62.5 \cdot 5 = 208.33 \text{ кНм}^2.$$



Уравнения трех моментов

$$n = 1 \quad l_1 M_0 + 2(l_1 + l_2)M_1 + l_2 M_2 = -3(\omega_1 + \omega_2);$$

$$n = 2 \quad l_2 M_1 + 2(l_2 + l_3)M_2 + l_3 M_3 = -3(\omega_2 + \omega_3);$$

$$n = 3 \quad l_3 M_2 + 2(l_3 + l_4)M_3 + l_4 M_4 = -3(\omega_3 + \omega_4);$$

Подставив в *уравнение трех моментов* значения пролетов, площадей эпюр M_p и уже известные моменты M_0 и M_4 , получим

$$0M_0 + 14M_1 + 7M_2 = -3(0 + 571.67);$$

$$7M_1 + 26M_2 + 6M_3 = -3(571.67 + 360);$$

$$6M_2 + 22M_3 + 5M_4 = -3(360 + 208.33);$$

$$M_0 = 0, M_4 = -10.$$

Решение системы

$$M_1 = -86.88, M_2 = -71.23, M_3 = -55.8,$$

Окончательные эпюры M и Q

Приращения поперечных сил

$$\Delta Q_2 = \frac{M_2 - M_1}{l_2} = \frac{-71.23 + 86.88}{7} = 2.24 \text{ кН,}$$

$$\Delta Q_3 = \frac{M_3 - M_2}{l_3} = \frac{-55.8 + 71.23}{6} = 2.57 \text{ кН,}$$

$$\Delta Q_4 = \frac{M_4 - M_3}{l_4} = \frac{-10 + 55.8}{5} = 9.16 \text{ кН,}$$

Опорные реакции

$$R_2 = 72.24 = 72.24 \text{ кН.}$$

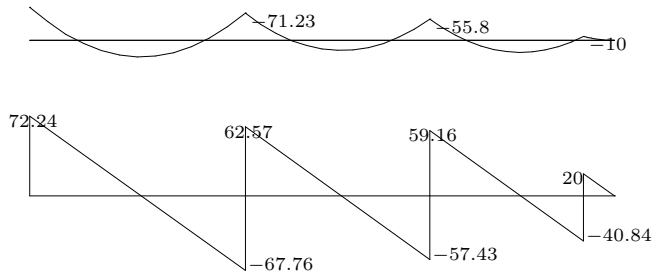
$$R_3 = 62.57 + 67.76 = 130.34 \text{ кН.}$$

$$R_4 = 59.16 + 57.43 = 116.59 \text{ кН.}$$

$$R_5 = 20 + 40.84 = 60.84 \text{ кН.}$$

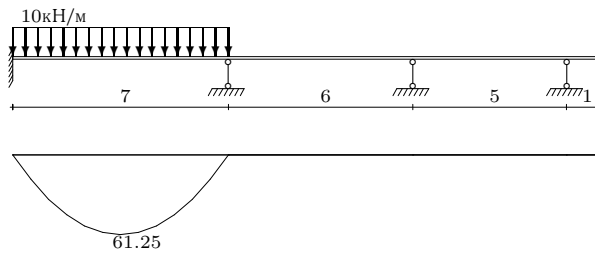
Проверка

$$\sum Y = 72.24 + 130.34 + 116.59 + 60.84 - 20 \cdot 19 = 0.$$



Расчет балки на временную нагрузку $q = 10 \text{ кН/м}$.

Загружен пролет 2



Эпюры изгибающих моментов M_p .

Рассчитывая каждый пролет как отдельную балку, получим

1) Опорные реакции

$$A_2 = B_2 = 10 \cdot 7/2 = 35 \text{ кН.}$$

2) Изгибающие моменты в серединах пролетов

$$f_2 = 10 \cdot 7^2/8 = 61.25 \text{ кНм.}$$

3) Площадь эпюры моментов

$$\omega_2 = \frac{2}{3} \cdot 61.25 \cdot 7 = 285.83 \text{ кНм}^2.$$

Подставив в *уравнение трех моментов* значения пролетов, площадей эпюр M_p и уже известные моменты M_0 и M_4 , получим

$$0M_0 + 14M_1 + 7M_2 = -3(0 + 285.83);$$

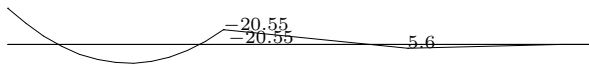
$$7M_1 + 26M_2 + 6M_3 = -3(285.83 + 0);$$

$$6M_2 + 22M_3 + 5M_4 = -3(0 + 0);$$

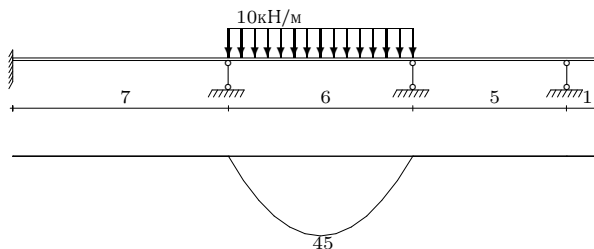
$$M_0 = 0, M_4 = 0.$$

Решение системы

$$M_1 = -50.97, M_2 = -20.55, M_3 = 5.6,$$



Загружен пролет 3



Эпюры изгибающих моментов M_p .

Рассчитывая каждый пролет как отдельную балку, получим

1) Опорные реакции

$$A_3 = B_3 = 10 \cdot 6 / 2 = 30 \text{ кН.}$$

2) Изгибающие моменты в серединах пролетов

$$f_3 = 10 \cdot 6^2 / 8 = 45 \text{ кНм.}$$

3) Площадь эпюры моментов

$$\omega_3 = \frac{2}{3} \cdot 45 \cdot 6 = 180 \text{ кНм}^2.$$

Подставив в *уравнение трех моментов* значения пролетов, площадей эпюр M_p и уже известные моменты M_0 и M_4 , получим

$$0M_0 + 14M_1 + 7M_2 = -3(0 + 0);$$

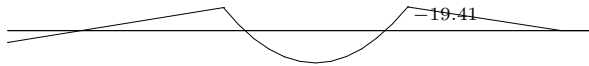
$$7M_1 + 26M_2 + 6M_3 = -3(0 + 180);$$

$$6M_2 + 22M_3 + 5M_4 = -3(180 + 0);$$

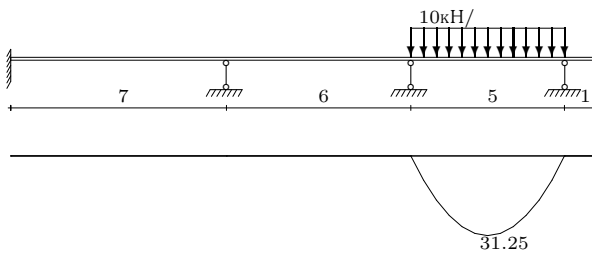
$$M_0 = 0, M_4 = 0.$$

Решение системы

$$M_1 = 9.41, M_2 = -18.82, M_3 = -19.41,$$



Загружен пролет 4



Эпюры изгибающих моментов M_p .

Рассчитывая каждый пролет как отдельную балку, получим

1) Опорные реакции

$$A_4 = B_4 = 10 \cdot 5 / 2 = 25 \text{ кН.}$$

2) Изгибающие моменты в серединах пролетов

$$f_4 = 10 \cdot 5^2 / 8 = 31.25 \text{ кНм.}$$

3) Площадь эпюры моментов

$$\omega_4 = \frac{2}{3} \cdot 31.25 \cdot 5 = 104.17 \text{ кНм}^2.$$

Подставив в *уравнение трех моментов* значения пролетов, площадей эпюр M_p и уже известные моменты M_0 и M_4 , получим

$$0M_0 + 14M_1 + 7M_2 = -3(0 + 0);$$

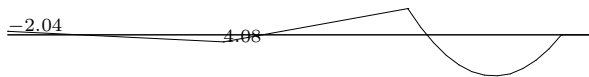
$$7M_1 + 26M_2 + 6M_3 = -3(0 + 0);$$

$$6M_2 + 22M_3 + 5M_4 = -3(0 + 104.17);$$

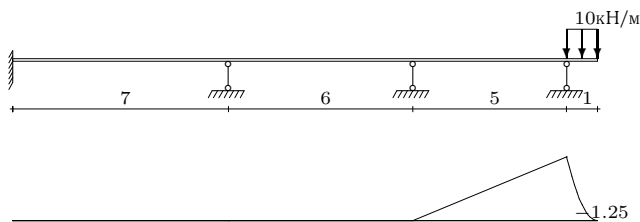
$$M_0 = 0, M_4 = 0.$$

Решение системы

$$M_1 = -2.04, M_2 = 4.08, M_3 = -15.32,$$



Загружена консоль



Эпюры изгибающих моментов M_p .

Рассчитывая каждый пролет как отдельную балку, получим

- 1) Опорные реакции
- 2) Изгибающие моменты в серединах пролетов
- 3) Площадь эпюры моментов

Подставив в *уравнение трех моментов* значения пролетов, площадей эпюр M_p и уже известные моменты M_0 и M_4 , получим

$$0M_0 + 14M_1 + 7M_2 = -3(0 + 0);$$

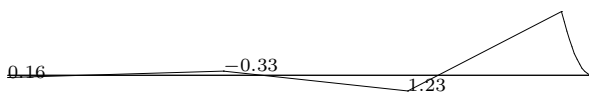
$$7M_1 + 26M_2 + 6M_3 = -3(0 + 0);$$

$$6M_2 + 22M_3 + 5M_4 = -3(0 + 0);$$

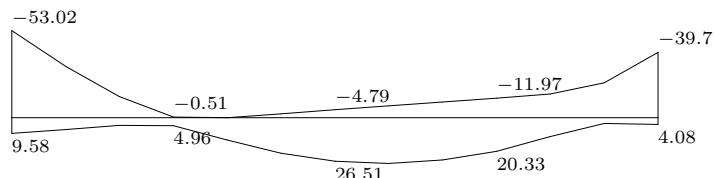
$$M_0 = 0, M_4 = -5.$$

Решение системы

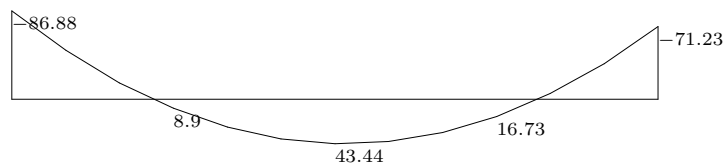
$$M_1 = 0.16, M_2 = -0.33, M_3 = 1.23,$$



Объемлющие эпюры от временной нагрузки в пролете N 2



Эпюра M от постоянной нагрузки в пролете N 2



Объемлющие эпюры моментов от совместного действия временной и постоянной нагрузки

