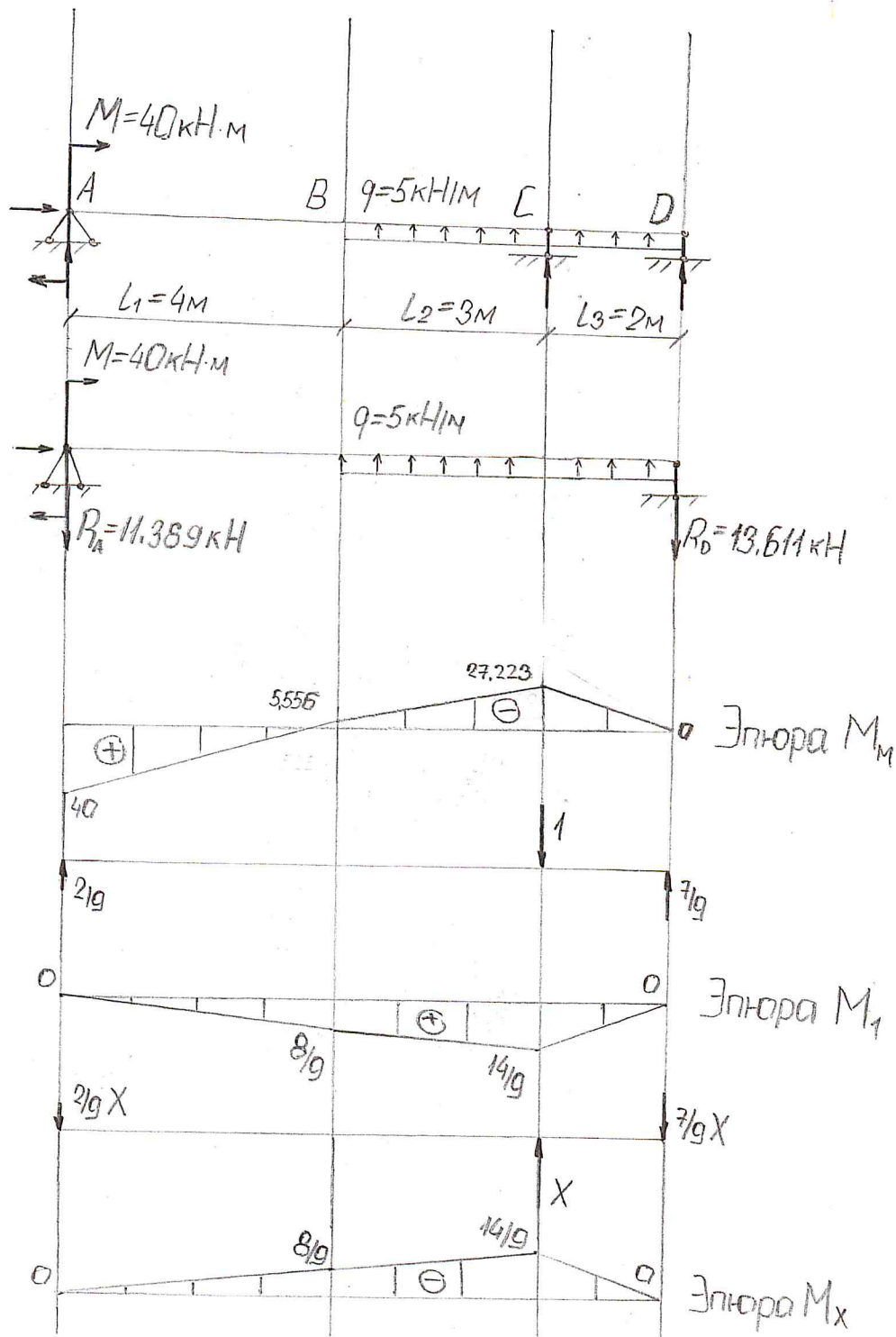


Задача № 23. Расчет статически неопределимой балки

Исходные данные:

$A=2$ $B=6$ $C=3$
 $l_2=3\text{м}$ № опоры - 6 $F=0\text{ кН}$
 $q=-5\text{ кН/м}$ $l_1=4\text{м}$ $M=-40\text{ кН.м}$
 $l_3=2\text{м}$



Группа	Ф.И.О.	Шифр	Лист	Подпись	Дата
2 СЭПГСуб-II	Котов А.В.	1510367			

Определение опорных реакций:

$$\sum m_A = 0; -M + q(l_2 + l_3)(l_1 + \frac{l_2 + l_3}{2}) + R_0 g$$

$$gR_0 = +40 - 25 \times \frac{13}{2};$$

$$gR_0 = -122.5; R_0 = -13,611 \text{ кН}$$

$$\sum m_D = 0; -M - R_A(l_1 + l_2 + l_3) - q(l_2 + l_3)(\frac{l_2 + l_3}{2})$$

$$gR_A = -40 - 62.5; R_A = -11,389 \text{ кН}$$

Определение изгибающих моментов от заданной нагрузки:

Участок 1 ($0 \leq x_1 \leq l_1$):

$$\text{В начале: } M_M(x_1) = M - R_A x_1 = 40 - 0 = 40 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$\text{В конце: } M_M(x_1) = M - R_A x_1 = 40 - 11,389 \times 4 = -5,556 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Участок 2 ($0 \leq x_2 \leq l_2$):

$$\text{В начале: } M_M(x_2) = M - R_A(l_1 + x_2) = 40 - 11,389 \times 7 = -5,556 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$\text{В конце: } M_M(x_2) = M - R_A(l_1 + x_2) + q(l_2 + l_3) \times (l_2 - \frac{l_2 + l_3}{2}) = 40 - 11,389 \times 7 + 25 \times 0,5 = -27,223 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Участок 3 ($0 \leq x_3 \leq l_3$):

$$\text{В начале: } M_M(x_3) = M - R_A(l_1 + l_2 + x_3) + q(l_2 + l_3)(l_2 - \frac{l_2 + l_3}{2} + x_3) = 40 - 11,389 \times 7 + 25 \times 0,5 = -27,223 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$\text{В конце: } M_M(x_3) = M - R_A(l_1 + l_2 + l_3) + q(l_2 + l_3)(l_2 - \frac{l_2 + l_3}{2} + x_3) = 40 - 11,389 \times 9 + 25 \times 2,5 = 0 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Определение изгибающих моментов от единичной обобщенной силы, приложенной в точке E:

Участок 1 ($0 \leq x_1 \leq l_1$):

$$\text{В начале: } M_1(x_1) = \frac{2}{9} x = 0$$

$$\text{В конце: } M_1(x_1) = \frac{2}{9} x = \frac{8}{9}$$

Участок 2 ($0 \leq x_2 \leq l_2$):

$$\text{В начале: } M_2(x_2) = \frac{2}{9}(l_1 + x_2) = \frac{8}{9}$$

$$\text{В конце: } M_2(x_2) = \frac{2}{9}(l_1 + x_2) = \frac{14}{9}$$

Участок 3 ($0 \leq x_3 \leq l_3$):

$$\text{В начале: } M_3(x_3) = \frac{2}{9}(l_1 + l_2 + x_3) - 1 \times x_3 = \frac{14}{9}$$

$$\text{В конце: } M_3(x_3) = \frac{2}{9}(l_1 + l_2 + x_3) - 1 \times x_3 = 0$$

Группа	Ф.И.О.	Шифр	Лист	Подпись	Дата
2 СЭПГСуб-II	Котов А.В.	1510367			

Средления изгибающих моментов от неизвестной X :

Участок 1 ($0 \leq x_1 \leq l_1$):

В начале: $-\frac{2}{9}X(x_1) = 0$

В конце: $-\frac{2}{9}X(x_1) = -\frac{8}{9}X$

Участок 2 ($0 \leq x_2 \leq l_2$):

В начале: $M_x(x_2) = -\frac{2}{9}X(l_1 + x_2) = -\frac{8}{9}X$

В конце: $M_x(x_2) = -\frac{2}{9}X(l_1 + x_2) = -\frac{14}{9}X$

Участок 3 ($0 \leq x_3 \leq l_3$):

В начале: $-\frac{2}{9}X(l_1 + l_2 + x_3) + 1X(x_3) = -\frac{14}{9}X$

В конце: $-\frac{2}{9}X(l_1 + l_2 + x_3) + 1X(x_3) = 0$

Вычисления прогиба в точке C :

$$W_C(M) = \left[\left(\frac{4 \times 4}{2} \right) \left(\frac{8}{27} \right) + \left(-\frac{5,556 \times 4}{2} \right) \left(\frac{16}{27} \right) + \left(-\frac{27,223 \times 2}{2} \right) \left(\frac{28}{27} \right) + \left(\frac{1}{6} \left(2(-5,556) \times \frac{8}{9} + 2(-27,223) \frac{14}{9} + (-5,556) \frac{14}{9} + (-27,223) \frac{8}{9} \right) \right) \right] \times \frac{1}{EI} = (-11,244 - 21,311) \times \frac{1}{EI} = \frac{-32,555}{EI}$$

$$W_C(D) = \left[\left(\frac{-8/9X \times 4}{2} \right) \left(\frac{16}{27} \right) + \left(\frac{-14/9X \times 2}{2} \right) \left(\frac{28}{27} \right) + \left(\frac{1}{6} \left(2 \times \left(-\frac{8}{9}X \right) \frac{8}{9} + 2 \left(-\frac{14}{9}X \right) \left(\frac{14}{9} \right) + \left(-\frac{8}{9}X \right) \left(\frac{14}{9} \right) + \left(-\frac{14}{9}X \right) \left(\frac{8}{9} \right) \right) \right] \times \frac{1}{EI} = (-2,666X - 1,531X) \frac{1}{EI} = \frac{-4,197X}{EI}$$

Средления полного перемещения:

$$W_C = W_C(M) + W_C(X) = \frac{-32,555}{EI} - \frac{4,197X}{EI}$$

$$4,197X = -32,555$$

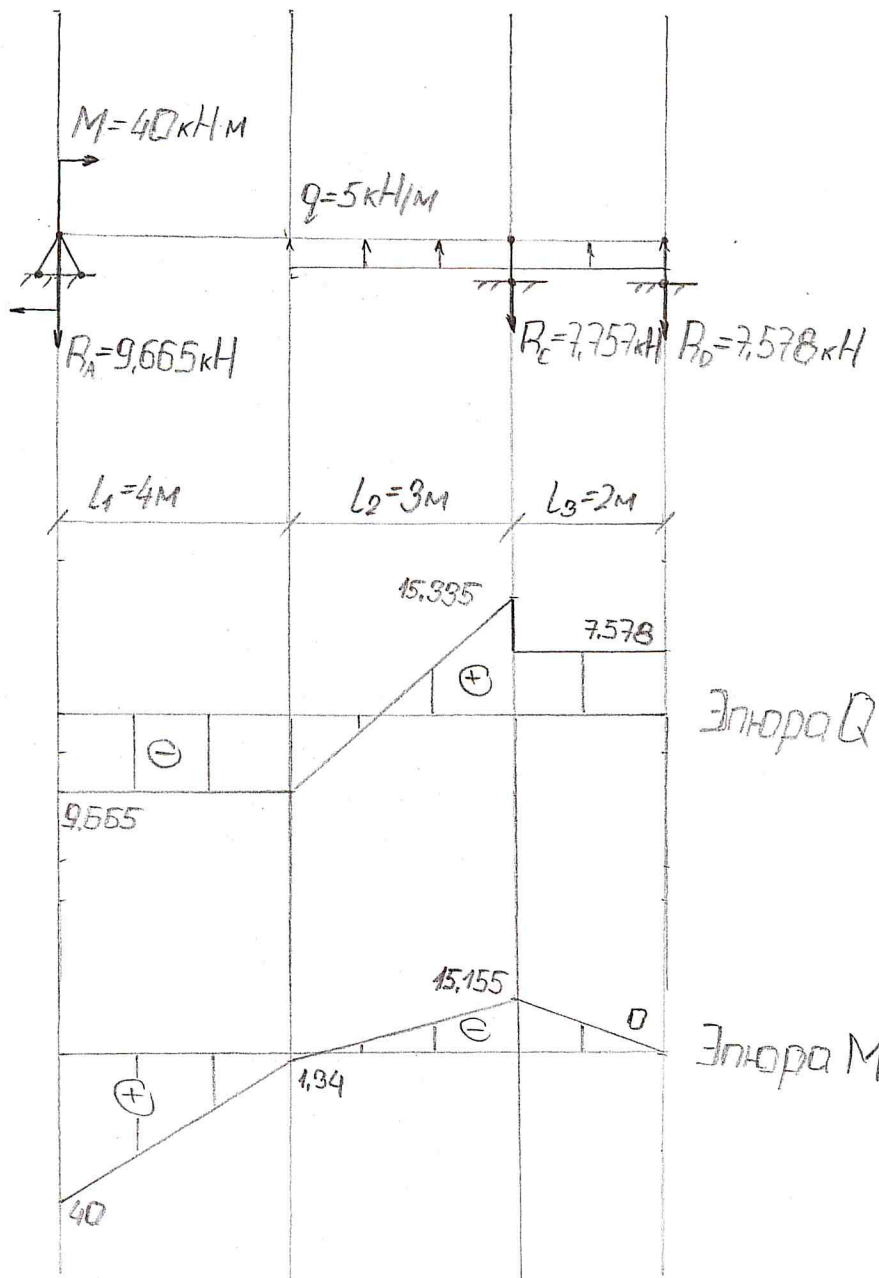
$$X = -7,757$$

$$R_A = 11,389 + \frac{2}{9}(-7,757) = 9,665 \text{ кН}$$

$$R_D = 13,611 + \frac{2}{9}(-7,757) = 1,578 \text{ кН}$$

Группа	Ф.И.О.	Шифр	Лист	Подпись	Дата
2 СЭПГСуб-II	Котов А.В.	1510367			

Определение окончательных эпор внутренних усилий (от заданных нагрузок и от неизвестной X):



Группа	Ф.И.О.	Шифр	Лист	Подпись	Дата
2 СЭПГСуб-II	Котов А.В.	1510367			

Переменные силы (Q):

Участок 1 ($0 \leq x_1 \leq l_1$):

В начале: $Q(x_1) = -R_A = -9,665 \text{ кН}$

В конце: $Q(x_1) = -R_A = -9,665 \text{ кН}$

Участок 2 ($0 \leq x_2 \leq l_2$):

В начале: $Q(x_2) = -R_A = -9,665 \text{ кН}$

В конце: $Q(x_2) = -R_A + q(l_2 + l_3) = 15,335 \text{ кН}$

Участок 3 ($0 \leq x_3 \leq l_3$):

В начале: $Q(x_3) = -R_A + q(l_2 + l_3) - R_c = 7,578 \text{ кН}$

В конце: $Q(x_3) = -R_A + q(l_2 + l_3) - R_c = 7,578 \text{ кН}$

Угловые моменты (M):

Участок 1 ($0 \leq x_1 \leq l_1$):

В начале: $M(x_1) = M - R_A x_1 = 40 \text{ кН}\cdot\text{м}$

В конце: $M(x_1) = M - R_A x_1 = 40 - 9,665 \times 4 = 1,34 \text{ кН}\cdot\text{м}$

Участок 2 ($0 \leq x_2 \leq l_2$):

В начале: $M(x_2) = M - R_A(l_1 + x_2) = 1,34 \text{ кН}\cdot\text{м}$

В конце: $M(x_2) = M - R_A(l_1 + x_2) + q(l_2 + l_3)(l_2 - \frac{l_2 + l_3}{2}) = 40 - 67,655 + 25 \times 0,5 = 15,155 \text{ кН}\cdot\text{м}$

Участок 3 ($0 \leq x_3 \leq l_3$):

В начале: $M(x_3) = M - R_A(l_1 + l_2 + x_3) + q(l_2 + l_3)(l_2 - \frac{l_2 + l_3}{2} + x_3) - R_c x_3 =$
 $= 40 - 67,655 + 25 \times 0,5 - 0 = -15,155 \text{ кН}\cdot\text{м}$

В конце: $M(x_3) = M - R_A(l_1 + l_2 + x_3) + q(l_2 + l_3)(l_2 - \frac{l_2 + l_3}{2} + x_3) - R_c x_3 =$
 $= 40 - 86,985 + 25 \times 2,5 - 7,757 \times 2 = 15,515 - 15,514 = 0 \text{ кН}\cdot\text{м}$

Группа	Ф.И.О.	Шифр	Лист	Подпись	Дата
2 СЭПГСуб-II	Комов А.В.	1510367			