



УДК 624.012.36

С.С. Айвазян, Е.С. Беденко
ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО ПРОГИБА МНОГОПРОЛЕТНОЙ НЕРАЗРЕЗНОЙ ПОДКРАНОВОЙ БАЛКИ ПОСТОЯННОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ОТ СОБСТВЕННОГО ВЕСА

Чтобы определить максимальный прогиб от собственного веса, следует найти прогиб в опасных сечениях подкрановой балки в каждом пролете (такие сечения найдены в [1] авторами этой работы). Опасными сечениями будем называть такие, в которых имеет место наибольший прогиб. Определив прогибы в опасных сечениях, будем знать величину максимального прогиба балки от собственного веса.

В курсе строительной механики для статически неопределимых систем рассматриваются два основных метода определения перемещений. Таковыми являются: графоаналитический и с помощью линий влияния.

Рассмотрим первый метод на примере пятипролетной неразрезной балки с равными пролетами, в которой определены положения опасных сечений (рис. 1).

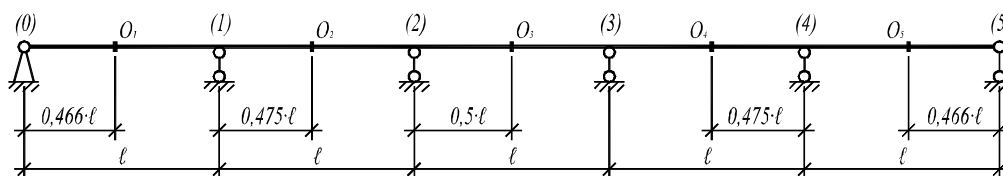


Рисунок 1 – Положения опасных сечений

$$\Delta_{кр} = \sum_1^n M_p^o \cdot \bar{M}_k / EJ \quad \text{или} \quad \Delta_{кр} = \sum_1^n M_p \cdot \bar{M}_k^o / EJ,$$

где M_p^o – эпюра изгибающих моментов на рассматриваемом участке загрузки в статически определимой системе от заданной нагрузки (собственного веса);

\bar{M}_k – эпюра изгибающих моментов на рассматриваемом участке в заданной (статически неопределимой) системе от единичной силы, приложенной в том сечении, для которого определяется перемещение;

M_p – эпюра изгибающих моментов от внешней нагрузки в заданной (статически неопределимой) системе;

\bar{M}_k^o – эпюра изгибающих моментов в любой статически определимой системе от единичной силы, приложенной в том сечении, для которого определяется перемещение.

Рассмотрим определение перемещений опасных сечений O_1, O_2, O_3 (в первых трех пролетах по второй формуле). Так как интенсивность погонного веса представляет постоянную величину, то эпюру M_p в заданной (статически неопределимой) системе целесообразнее строить методом перемещений.

Единичные эпюры строятся в статически определимой системе (рис. 2). Для построения единичных эпюр следует отбрасывать четыре связи.

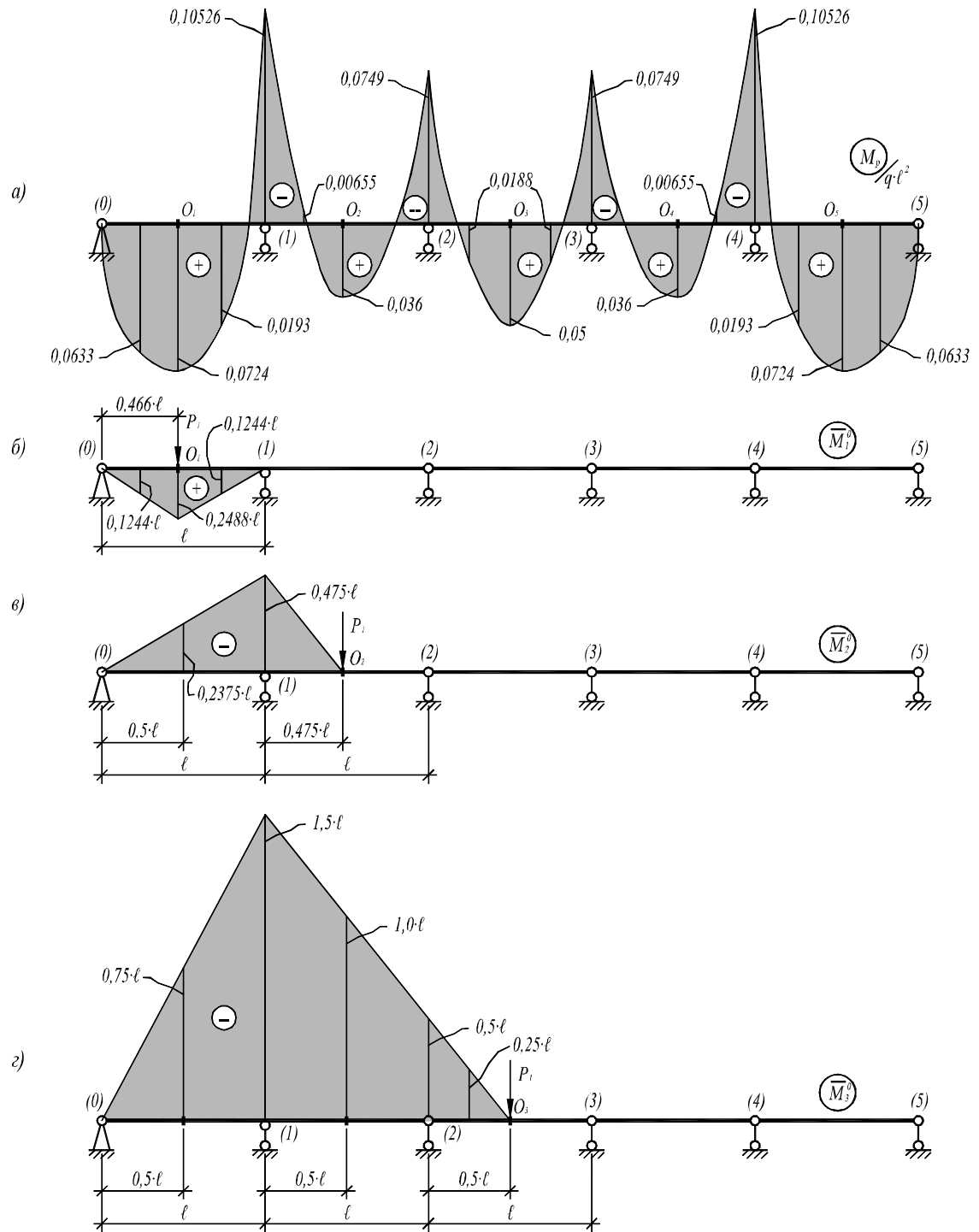


Рисунок 2 – Расчетные эпюры изгибающих моментов

Прогибы в опасных сечениях подкрановой балки окажутся равными:

$$\begin{aligned}
 y_{O_1} &= \sum_1^n \frac{M_p \cdot \bar{M}_1^0}{EJ_x} = \frac{0,466\ell}{6EJ_x} \cdot (4 \cdot 0,0633 \cdot 0,1244\ell + 0,0724 \cdot 0,2488\ell) \cdot ql^2 + \\
 &+ \frac{0,534\ell}{6EJ_x} \cdot (0,0724 \cdot 0,2488\ell + 4 \cdot 0,1244 \cdot 0,0193\ell) \cdot ql^2 = \frac{0,0063 \cdot ql^4}{EJ_x}; \\
 y_{O_2} &= \sum_1^n \frac{M_p \cdot \bar{M}_2^0}{EJ_x} = \frac{\ell}{6EJ_x} \cdot (-4 \cdot 0,0724 \cdot 0,2375\ell + 0,10526 \cdot 0,475\ell) \cdot ql^2 + \\
 &+ \frac{0,475\ell}{6EJ_x} \cdot \left(0,10526 \cdot 0,475\ell + 4 \cdot 0,00655 \cdot 0,475\ell/2 \right) \cdot ql^2 = \frac{0,00132 \cdot ql^4}{EJ_x}; \\
 y_{O_3} &= \sum_1^n \frac{M_p \cdot \bar{M}_3^0}{EJ_x} = \frac{\ell}{6EJ_x} \cdot (-4 \cdot 0,0724 \cdot 0,75\ell + 0,10526 \cdot 1,5\ell) \cdot ql^2 + \\
 &+ \frac{\ell}{6EJ_x} \cdot (0,10526 \cdot 1,5\ell - 4 \cdot 0,036 \cdot 1\ell + 0,0749 \cdot 0,5\ell) \cdot ql^2 + \\
 &+ \frac{0,5\ell}{6EJ_x} \cdot (0,0749 \cdot 0,5\ell - 4 \cdot 0,0188 \cdot 0,25\ell) \cdot ql^2 = \frac{0,00025 \cdot ql^4}{EJ_x}.
 \end{aligned}$$

Итак, максимальный прогиб в первом пролете значительно больше, чем во втором и третьем пролетах.

Рассмотрим второй метод определения прогиба для сечения O_2

$$y_{O_2} = q_{ce} \cdot \omega_{ле},$$

где q_{ce} – расчетный погонный вес подкрановой балки;

$\omega_{ле}$ – суммарная площадь линии влияния прогиба для сечения O_2 (с учетом знаков).

В работе [1] линия влияния прогиба сечения O_2 авторами данной работы была построена и представлена на рис. 3.

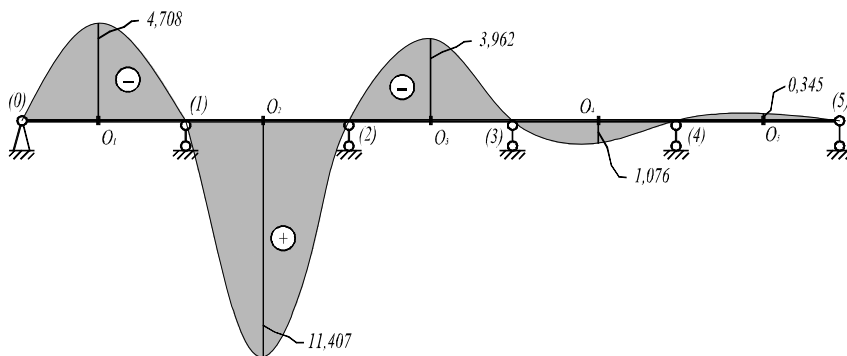


Рисунок 3 – Линия влияния $y_{O_2} \cdot \left(10^3 \cdot \frac{EJ_x}{\ell^3} \right)$

Изменение прогиба в сечении O_2 при движении единичной нагрузки происходит по следующему закону:

- сила $P = 1$ в первом пролете

$$y_{02} = -0,01226 \cdot (\ell - z) \cdot \ell / EJ = F_1(z), \quad 0 \leq z \leq \ell;$$

- сила $P = 1$ во втором пролете (слева от сечения O_2)

$$y_{02} = 0,0246 \cdot (\ell^2 \cdot z + 1,4607 \cdot \ell \cdot z^2 - 3,3022 \cdot z^3) / EJ = F_2(z), \quad 0 \leq z \leq 0,475 \cdot \ell;$$

- сила $P = 1$ во втором пролете (справа от сечения O_2)

$$y_{02} = 0,14842 \cdot (\ell^2 \cdot z + 1,4222 \cdot \ell \cdot z^2 + 0,563 \cdot z^3 - 0,14074 \cdot \ell^3) / EJ = F_3(z);$$

- сила $P = 1$ в третьем пролете

$$y_{02} = -0,02333 \cdot (\ell^2 \cdot z - 1,731 \cdot \ell \cdot z^2 + 0,731 \cdot z^3) / EJ = F_4(z), \quad 0 \leq z \leq \ell;$$

- сила $P = 1$ в четвертом пролете

$$y_{02} = -0,0028 \cdot (\ell^2 \cdot z - 1,7143 \cdot \ell \cdot z^2 + 0,7143 \cdot z^3) / EJ = F_5(z), \quad 0 \leq z \leq \ell;$$

- сила $P = 1$ в пятом пролете

$$y_{02} = -0,001794 \cdot (\ell^2 - 1,5 \cdot \ell \cdot z + 0,5 \cdot z^2) / EJ = F_6(z), \quad 0 \leq z \leq \ell.$$

Изменения функции прогиба y_{02} были найдены авторами этой работы в [1]. Следовательно, суммарная площадь линии влияния y_{02} окажется равной

$$\omega_{\Sigma} = \sum_{i=1}^5 \omega_i = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \omega_4 + \omega_5,$$

где $\omega_1 = \int_0^{\ell} F_1(z) dz = -0,00613 \cdot \ell^4 / EJ_x;$

$$\omega_2 = \int_0^{0,475\ell} F_2(z) dz + \int_{0,475\ell}^{\ell} F_3(z) dz = 0,0126 \cdot \ell^4 / EJ_x;$$

$$\omega_3 = \int_0^{\ell} F_4(z) dz = -0,00516 \cdot \ell^4 / EJ_x;$$

$$\omega_4 = \int_0^{\ell} F_5(z) dz = 0,0014 \cdot \ell^4 / EJ_x;$$

$$\omega_5 = \int_0^{\ell} F_6(z) dz = -0,00045 \cdot \ell^4 / EJ_x.$$

Прогиб сечения O_2 вторым методом окажется равным $y_{02} = q_{\Sigma} \cdot \omega_{\Sigma} = 0,00135 \cdot q_{\Sigma} \cdot \ell^4 / EJ_x,$

что больше, чем первым методом на

$$\frac{0,00135 - 0,00132}{0,00132} \cdot 100\% = 2,273\%.$$

Список литературы

1. Айвазян С.С. Расчет многопролетной неразрезной подкрановой балки постоянного поперечного сечения на жесткость / С.С. Айвазян, Е.С. Беденко.

Получено 15.07.10