

Список литературы

1. Щетинин В.П., Хроменков Н.А., Рябушкин Б.С. Экономика образования: учебное пособие. – М.: Российское педагогическое агентство, 1998. – 306 с.
 2. <http://www.hse.ru/org/hse/21006743/>

3. Чекмарев В.В. Система экономических отношений в сфере образования: монография. – Кострома: Изд-во Костромского госпедуниверситета им. Н.А. Некрасова, 1998. – 400 с.

4. Сапарбаев А. Образование ключевой фактор подъема экономики страны // Современное образование. – №1 (81). – 2011. – Режим доступа: www.obrazovanie.kz.

**«Экономический механизм инновационного развития»,
 Австралия 26 марта – 6 апреля, 2013 г.**

Технические науки

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПО НАПРАВЛЕНИЮ НЕИЗВЕСТНЫХ ОПОРНЫХ РЕАКЦИЙ НАДСТРОЙКИ ОТ СДВИГОВ В СТЫКАХ ПОНТОНОВ

Должиков В.Н.

Сочинский государственный университет, Сочи,
 e-mail: doljikov_v@mail.ru

В качестве основной системы при определении дополнительных прогибов принимается заданная система с введением неизвестных в местах лишних связей (рис. 1). Действие отпора воды на плашкоут в данном случае представляется в виде равномерно-распределенной нагрузки. Упругие шарниры, находящиеся по длине плашкоута вне опор надстройки, в расчете не учитываются, как не оказывающие влияние на изменение опорных реакций при раскрытиях этих шарниров. Угол раскрытия шарниров определяется из формулы:

$$\alpha_i = \frac{M_i}{K_i}, \quad (1)$$

где M – момент в i -м шарнире; K_i – коэффициент жесткости i -го упругого шарнира.

Рассматривая участок плашкоута между крайними опорами надстройки заменяем отброшенные консольные части действием изгибающих моментов M_k (рис. 1,б). Упругие деформации плашкоута не рассматриваются.

Для решения задачи с учетом смещений необходимо вычислить дополнительные прогибы плашкоута по направлению неизвестных опорных реакций надстройки от сдвигов в болтовых соединениях понтонов. Взаимный угол поворота сечений балки, примыкающих к шарниру (здесь и далее слово упругий опущено) представляет угол раскрытия шарнира.

Дополнительный прогиб в шарнире (рис. 1,в)

$$y_1^{доп} = \phi a \quad (2)$$

где ϕ – угол поворота балки под крайней левой стойкой надстройки.

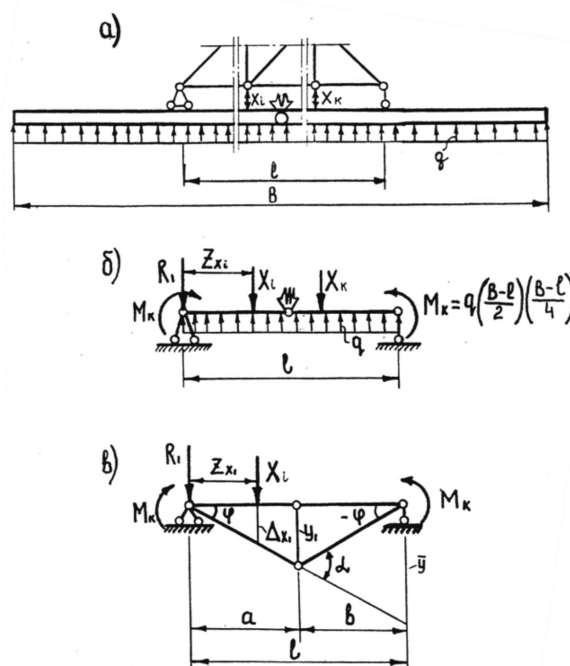


Рис. 1. Схемы к определению дополнительного прогиба балки с одним упругим шарниром

Рассматривая схему деформации плашкоута в пределах опор надстройки (рис. 1,в) с одним шарниром, получаем:

$$\bar{y} = \alpha b ; y_1^{\text{доп}} = \frac{\alpha b}{la}. \quad (3)$$

Из (1) и (3) получаем значение угла поворота ϕ над левой стороной

$$\phi = \frac{\alpha b}{la} a = \frac{M_1 b}{lK}. \quad (4)$$

Аналогично получаем угол поворота над правой опорой

$$\psi = \frac{M_1 a}{lK}. \quad (5)$$

В (4) и (5) M_i – момент в шарнире от равномерно-распределенного гидростатического давления и неизвестных опорных реакций надстройки, определяемый из выражения:

$$M_1 = q \left(\frac{b-l}{2} \right) \left(\frac{b-l}{4} \right) - R_1 \frac{l}{2} - X_i \left(\frac{l}{2} - Z_{xi} \right). \quad (6)$$

Дополнительный прогиб $\Delta_{xi}^{\text{доп}}$ по направлению X_i от раскрытия шарнира на угол α запишется как

$$\Delta_{xi}^{\text{доп}} = \frac{M_1 b Z_{xi}}{lK}. \quad (7)$$

В случае если шарнир находится посередине пролета балки (т.е. $a = b$) дополнительный прогиб под известной реакцией будет иметь вид:

$$y_2^{\text{доп}} = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n \frac{M_i b_i}{K_i} \lambda_{i1} + \left(\frac{1}{l} \sum_{i=1}^n \frac{M_i b_i}{K_i} - \frac{M_1}{K_1} \right) \lambda_{21}. \quad (14)$$

$$\Delta_{xi}^{\text{доп}} = \frac{\left[\frac{qb^2}{8} \left(1 - \frac{2l}{b} + \frac{l^2}{b^2} \right) - R_1 \frac{l}{2} - X_i \left(\frac{l}{2} - z_{xi} \right) \right] z_{xi}}{2K}. \quad (8)$$

Очевидно, что в двухопорной балке (рис. 2), имеющей n упругих шарниров с коэффициентом жесткости $K_1, K_2, \dots, K_{n-1}, K_n$, угол поворота балки ϕ_0 под левой опорой запишется в виде:

$$\phi_0 = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n \frac{M_i b_i}{K_i}; \quad (9)$$

под правой опорой

$$\psi = -\frac{1}{l} \sum_{i=1}^n \frac{M_i a_i}{K_i}, \quad (10)$$

где M_i – изгибающий момент в i -м шарнире; a_i, b_i – соответственно, расстояние от i -го шарнира до левой и правой опоры.

Дополнительный прогиб в первом шарнире (рис. 2) будет выражаться формулой:

$$y_1^{\text{доп}} = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n \frac{M_i b_i}{K_i} \lambda_{i1}; \quad (11)$$

во втором

$$y_2^{\text{доп}} = y_1^{\text{доп}} + \phi_1 \lambda_{21}. \quad (12)$$

Учитывая (рис. 3), что

$$\phi_i = \phi_{i-1} - L_i = \phi_{i-1} - \frac{M_i}{K_i}, \quad (13)$$

формула для прогиба во втором шарнире будет иметь вид:

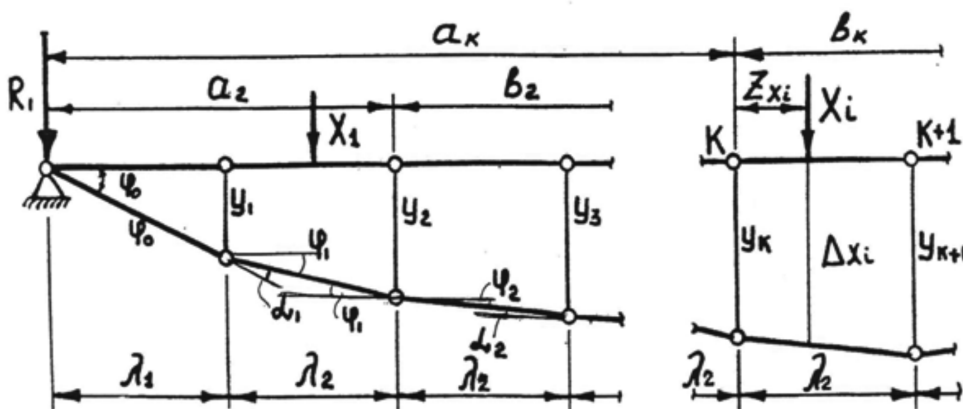


Рис. 2. Схема к определению дополнительных прогибов в балке с n – упругими шарнирами

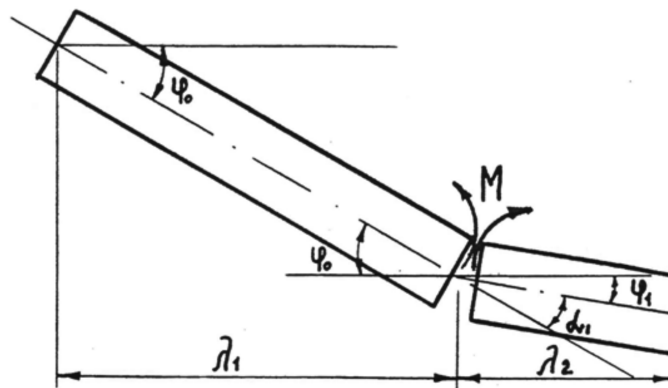


Рис. 3. Схема к определению углов поворота балок в упругих шарнирах

Прогиб в третьем шарнире

$$y_3^{\text{доп}} = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n \frac{M_i b_i}{K_i} \lambda_1 + \left(\frac{1}{l} \sum_{i=1}^n \frac{M_i b_i}{K_i} - \frac{M_1}{K_1} \right) \lambda_2 + \left(\frac{1}{l} \sum_{i=1}^n \frac{M_i b_i}{K_i} - \frac{M_1}{K_1} - \frac{M_2}{K_2} \right) \lambda_2. \quad (15)$$

В общем виде прогиб под K -м шарниром, при общем количестве шарниров n , будет выражаться формулой

$$y_K^{\text{доп}} = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n \frac{M_i b_i}{K_i} \lambda_1 + \sum_2^K \left(\frac{1}{l} \sum_{i=1}^n \frac{M_i b_i}{K_i} - \sum_{j=1}^{K-1} \frac{M_j}{K_j} \right) \lambda_2. \quad (16)$$

Дополнительный прогиб $\Delta_{xi}^{\text{доп}}$ под неизвестной реакцией X_p , находящийся между шарнирами K и $K+1$, будет иметь вид

$$\Delta_{xi}^{\text{доп}} = \frac{(y_{K+1}^{\text{доп}} - y_K^{\text{доп}}) Z_{xi}}{\lambda_2} + y_K^{\text{доп}}. \quad (17)$$

Выполнив преобразования, получаем

$$\Delta_{xi}^{\text{доп}} = y_K^{\text{доп}} \left(1 - \frac{Z_{xi}}{\lambda_2} \right) + y_{K+1}^{\text{доп}} \frac{Z_{xi}}{\lambda_2}. \quad (18)$$

Подставляя в (17) значения прогибов $y_K^{\text{доп}}$ и $y_{K+1}^{\text{доп}}$ выраженные через углы раскрытия в шарнирах согласно (15), получаем формулу для определения дополнительного прогиба $\Delta_{xi}^{\text{доп}}$ под неизвестной реакцией X_p , находящейся между шарнирами K и $K+1$, от раскрытия шарниров

$$\begin{aligned} \Delta_{xi}^{\text{доп}} = & \left[\frac{1}{l} \sum_{i=1}^n \frac{M_i b_i}{K_i} \lambda_1 + \sum_2^K \left(\frac{1}{l} \sum_{i=1}^n \frac{M_i b_i}{K_i} - \sum_{j=1}^{K-1} \frac{M_j}{K_j} \right) \lambda_2 \right] \left(1 - \frac{Z_{xi}}{\lambda_2} \right) + \\ & + \left[\frac{1}{l} \sum_{i=1}^n \frac{M_i b_i}{K_i} \lambda_1 + \sum_2^{K+1} \left(\frac{1}{l} \sum_{i=1}^n \frac{M_i b_i}{K_i} - \sum_{j=1}^K \frac{M_j}{K_j} \right) \lambda_2 \right] \frac{Z_{xi}}{\lambda_2}. \end{aligned} \quad (19)$$

где M_i – момент в i -м шарнире от равномерно-распределенного гидростатического давления и опорных реакций надстройки; λ_1 – расстояние между левой опорой надстройки и первым шарниром;

λ_2 – расстояние между шарнирами; K_i – коэффициент жесткости i -го шарнира; b_i – расстояние от i -го шарнира до правой опоры балки; n – количество шарниров в пределах опор надстройки.