

Нужный С. Н., аспирант

Старооскольский технологический институт (филиал) «МИСиС»

ШАРНИРНАЯ РАМНАЯ КОНСТРУКЦИЯ С X-ОБРАЗНЫМИ ОПОРАМИ

serg.nuzhniy@yandex.ru

В статье представлено новое конструктивное решение легких рамных конструкций – шарнирная рамная конструкция с X-образными опорами и методика её расчета.

Ключевые слова: новое конструктивное решение, легкая рамная конструкция, X-образные опоры, условие неразрывности деформаций.

Легкие рамные конструкции применяются при проектировании и строительстве отапливаемых зданий предприятий машиностроения, приборостроения, легкой, пищевой, мясомолочной, радиоэлектронной, деревообрабатывающей промышленности, сельскохозяйственных зданий, зданий технического обслуживания автотранспорта и сельскохозяйственных машин, зданий компрессорных, производственно-отопительных котельных, других зданий различного назначения: физкультурно-оздоровительных комплексов, предприятий общественного питания быстрого обслуживания, выставочных и рыночных павильонов, кафе и др. Технические возможности ЛМК позволяют применять их практически во всех районах страны, включая труднодоступные районы. Подобные конструкции являются наиболее рациональными, так как одновременно выполняют технологическую функцию и функцию несущей конструкции. В них максимально используется несущая способность балочных конструкций, но они имеют ограниченный диапазон перекрываемого пролета.

Идея использования, в легких рамных конструкциях, X-образных опор [1] позволяет расширить диапазон перекрываемого пролета, разгрузить ригель и повысить устойчивость рамы за счет наружного подкоса.

Новые конструктивные решения легких рамных конструкций с X-образными опорами до настоящего времени изучены слабо и вопросы их прочности, деформативности являются актуальными.

В этой связи целью настоящей работы является разработка конструктивных решений и методики расчета новых рамных конструкций с X-образными опорами, направленная на повышение их несущей способности с одновременным снижением материалоемкости.

Поставленная цель достигается тем, что в известной рамной конструкции включающей ригель рамы, стойку рамы и опорный подкос, который в данной конструкции является внутренним переходящим в наружный подкос и образующий со стойкой X-образную опору, тем самым позволяет уменьшить материалоемкость,

одновременно увеличить перекрываемый пролет и повысить устойчивость стойки.

Вся совокупность конструктивных элементов, описанных выше образует новое устройство рамных конструкций позволяющих перераспределить усилия в них, уменьшить материалоемкость, увеличить перекрываемый пролет и повысить устойчивость стойки, что обеспечивается использованием внутреннего подкоса, переходящего в наружный подкос.

На рис.1 схематично изображена шарнирная рамная конструкция с X-образными опорами.

Предлагаемая новая конструкции рамы состоит из ригеля 1 опирающегося на стойку 2, внутренний подкос 3 и наружный подкос 4.

Данная шарнирная рамная конструкция работает следующим образом: полезная и атмосферная нагрузки воспринимается ригелем 1 и передается на стойку 2, внутренний подкос 3 и наружный подкос 4.

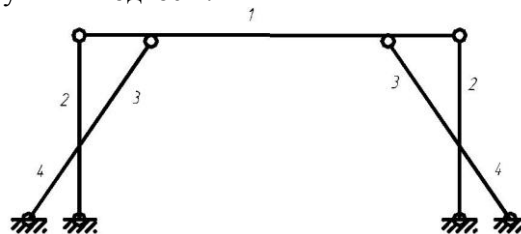


Рис. 1. Шарнирная рамная конструкция с X-образными опорами

На рисунке 2 показано схема загрузки каркаса рамно-балочного типа с X-образными опорами.

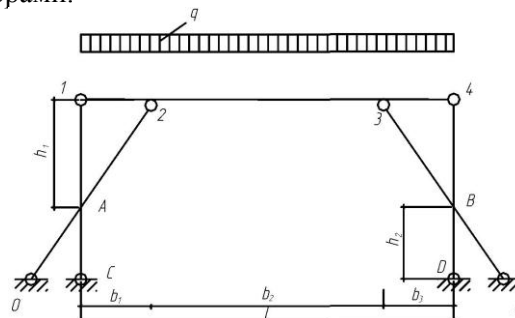


Рис.2. Схема загрузки каркаса рамно-балочного типа с X-образными опорами

Расчленим схему каркаса на три конечных элемента: на балочную систему с податливыми опорами (рис. 3) и на две X-образные опоры (рис. 4).

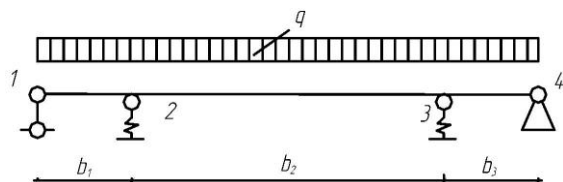


Рис.3. Балочная система с податливыми опорами

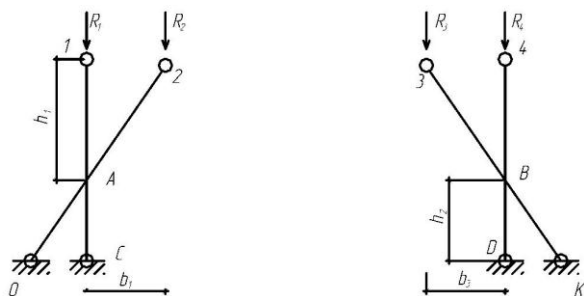


Рис.4. Правая и левая X-образные опоры

Балочную систему с податливыми опорами разобьем на три конечных элемента 1-2, 2-3, 3-4, расчетная модель балочной системы представлена на рисунке 5.

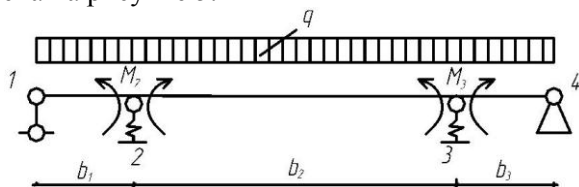


Рис. 5. Расчетная модель балочной системы с опиранием на X-образные опоры

В местах сочленения конечных элементов 1-2, 2-3, 3-4, составляя условие неразрывности деформаций, получим следующие уравнение:

$$A_1 \vec{M} + \vec{W}^{(q)} = B_1 \vec{y}, \quad (1)$$

$$\text{где } A_1 = \frac{1}{6EJ_d} \begin{vmatrix} 2(b_1 + b_2) & b_2 \\ b_2 & 2(b_2 + b_3) \end{vmatrix}; \quad (2)$$

$$B_1 = \frac{1}{6EJ_6} \begin{vmatrix} (\frac{1}{b_1} + \frac{1}{b_2}) & -\frac{1}{b_2} \\ -\frac{1}{b_2} & (\frac{1}{b_2} + \frac{1}{b_3}) \end{vmatrix}; \quad (3)$$

$$\vec{y} = \begin{vmatrix} y_1 & y_2 \end{vmatrix}^T; \quad (4)$$

$$\vec{M} = \begin{vmatrix} M_2 & M_3 \end{vmatrix}^T, \quad (5)$$

где y_1, y_2 – перемещения балочной системы в точках 2 и 3.

$$\vec{W}^{(q)} = \frac{q}{24EJ_6} \begin{vmatrix} b_1^3 + b_2^3 \\ b_2^3 + b_3^3 \end{vmatrix}; \quad (6)$$

$$\vec{y} = C\vec{M} + y^q; \quad (7)$$

$$C = \begin{vmatrix} -\Pi_2(\frac{1}{b_1} + \frac{1}{b_2}) & -\frac{\Pi_2}{b_2} \\ -\frac{\Pi_2}{b_2} & \Pi_3(\frac{1}{b_2} + \frac{1}{b_3}) \end{vmatrix}; \quad (8)$$

$$\vec{y}^{(q)} = \begin{vmatrix} \frac{\Pi_2 q (b_1 + b_2)}{2} \\ \frac{\Pi_3 q (b_2 + b_3)}{2} \end{vmatrix}; \quad (9)$$

Π_2, Π_3 – податливость опор 2 и 3:

$$\Pi_2 = \frac{b_1^3}{EJ_{on}} + \frac{h_1}{EF_{on}}; \quad (10)$$

$$\Pi_3 = \frac{b_3^3}{EJ_{on}} + \frac{h_1}{EF_{on}}; \quad (11)$$

M_2, M_3 – изгибающие моменты балочной системы в точках 2 и 3; q – действующая нагрузка на балочную систему; EJ_{on}, EJ_6 – изгибающая жесткость опоры и балочной системы; EF_{on} – жесткость на растяжение.

$$R_1 = \frac{qb_1}{2}; \quad (12)$$

$$R_2 = \frac{M_3 - M_2}{b_2} - \frac{M_2}{b_1}; \quad (13)$$

$$R_3 = \frac{M_2 - M_3}{b_2} - \frac{M_3}{b_1}; \quad (14)$$

$$R_4 = \frac{qb_3}{2}; \quad (15)$$

Усилие N_{1A} в стержне 1A равно: $N_{1A} = R_1$ (16)

Усилие в стержне 2A равно:

$$N_{2A} = R_2 \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{b_1^2}{h_1^2}}}. \quad (17)$$

Из условия равновесия в узлах A и B, найдем усилия в стержнях OA, AC, BD, BK

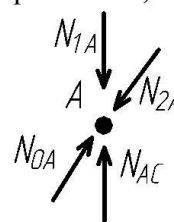


Рис. 6. Действие сил в узле A

$$N_{OA} = N_{2A}, N_{AC} = N_{1A} \quad (18)$$

Из условия симметрии усилия в узле B находятся, аналогично усилиям в узле A.

Предложенный алгоритм расчет каркаса рамно-балочного типа с X-образными опорами позволяет определить силовые и деформационные факторы в нем.

Данная конструкция рамы может использоваться, как при проектировании новых рамных систем, так и при усилении аварийных рам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент на полезную модель № 92038. Шарнирная рамная конструкция с X-образными опорами. // Нужный С.Н., Лунев Л.А. – 2009131877/22; заявл. от 25.08.2009; опубл. 10.03.2010.