

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА РАСЧЕТА
СИСТЕМ ПЕРЕКРЕСТНЫХ БАЛОК

Т. Ю. АЛЕКСЕЕВ

Научный руководитель В. И. ИГНАТЮК, канд. техн. наук, доц.

Учреждение образования

«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Брест, Беларусь

В расчетах методом конечных элементов основное разрешающее уравнение имеет вид [1]:

$$[K]\{\Delta\} = \{P\}, \quad (1)$$

где: $[K]$ – матрица жесткости системы, $\{\Delta\}$ – вектор перемещений узлов системы, $\{P\}$ – вектор внешних узловых нагрузок.

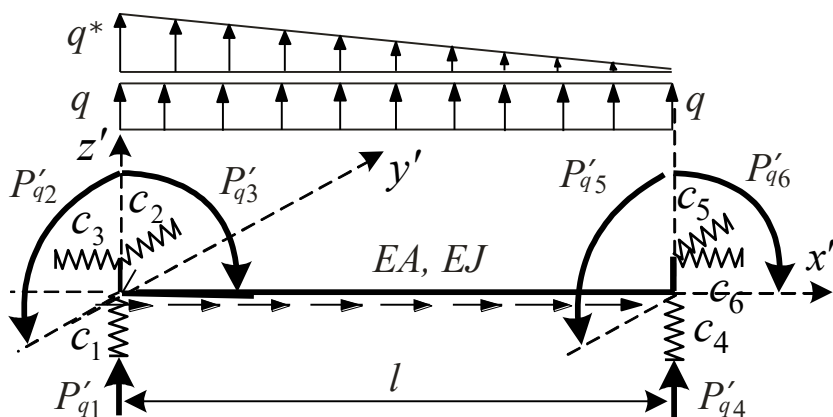
Учет упруго-податливого соединения элементов в узлах вызовет соответствующие изменения в матрицах $[K]$ и $\{P\}$. Матрицы $[K]$ могут быть сформированы из матриц отдельных конечных элементов (КЭ) [1], и учет упругой податливости присоединения КЭ к узлам может быть выполнен на уровне определения матриц жесткости и векторов нагрузок конечных элементов.

Для КЭ систем перекрестных балок, присоединяющихся к узлам с помощью упруго-податливых связей, жесткости которых определяются величинами c_1 – c_6 (рис. 1) (c_1, c_4 – жесткости вертикальных связей в начале и в конце стержня, c_2, c_5 и c_3, c_6 – жесткости соответствующих угловых связей в плоскостях yz и xz), матрица жесткости в местной системе координат будет иметь вид:

$$[K'_9] = \begin{bmatrix} \frac{12EJ}{l^3}k_1 & 0 & -\frac{6EJ}{l^2}k_2 & -\frac{12EJ}{l^3}k_1 & 0 & -\frac{6EJ}{l^2}k_4 \\ 0 & \frac{GJ_{кр}}{l}k_{кр} & 0 & 0 & -\frac{GJ_{кр}}{l}k_{кр} & 0 \\ -\frac{6EJ}{l^2}k_2 & 0 & \frac{3EJ}{l}(k_2+k_3) & \frac{6EJ}{l^2}k_2 & 0 & \frac{3EJ}{l}(k_2-k_3) \\ \hline -\frac{12EJ}{l^3}k_1 & 0 & \frac{6EJ}{l^2}k_2 & \frac{12EJ}{l^3}k_1 & 0 & \frac{6EJ}{l^2}k_4 \\ 0 & -\frac{GJ_{кр}}{l}k_{кр} & 0 & 0 & \frac{GJ_{кр}}{l}k_{кр} & 0 \\ -\frac{6EJ}{l^2}k_4 & 0 & \frac{3EJ}{l}(k_2-k_3) & \frac{6EJ}{l^2}k_4 & 0 & \frac{3EJ}{l}(k_4+k_5) \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где: EA, EJ – продольная и изгибная жесткости стержня, и где обозначено:





$$k_1 = \frac{t_4}{t_2 t_4 - 3t_3^2};$$

$$k_2 = \frac{t_3 + t_4}{t_2 t_4 - 3t_3^2};$$

$$k_{kp} = \frac{1}{1 + (c_1 + c_4) \frac{EA}{l}};$$

$$k_3 = \frac{1}{3t_4} + \frac{t_3}{t_4} k_2;$$

$$k_4 = \frac{t_4 - t_3}{t_2 t_4 - 3t_3^2}; k_5 = \frac{1}{3t_4} + \frac{t_3}{t_4} k_4,$$

Рис. 1. Схема конечного элемента СПБ

$$t_2 = 1 + (c_2 + c_5) \frac{12EJ}{l^3} + (c_3 + c_6) \frac{3EJ}{l}; t_3 = (c_6 - c_3) \frac{EJ}{l}; t_4 = 1 + (c_3 + c_6) \frac{EJ}{l}. \quad (3)$$

На основе зависимостей МКЭ и алгоритма расчета [1] разработана компьютерная программа расчета систем перекрестных балок на статические нагрузки. Программа составлена на языке C# с применением объектно-ориентированной модели программирования для ОС Windows. Основное окно программы с некоторыми результатами расчета (с эпюрой изгибающих моментов M_y) представлено на рис. 2

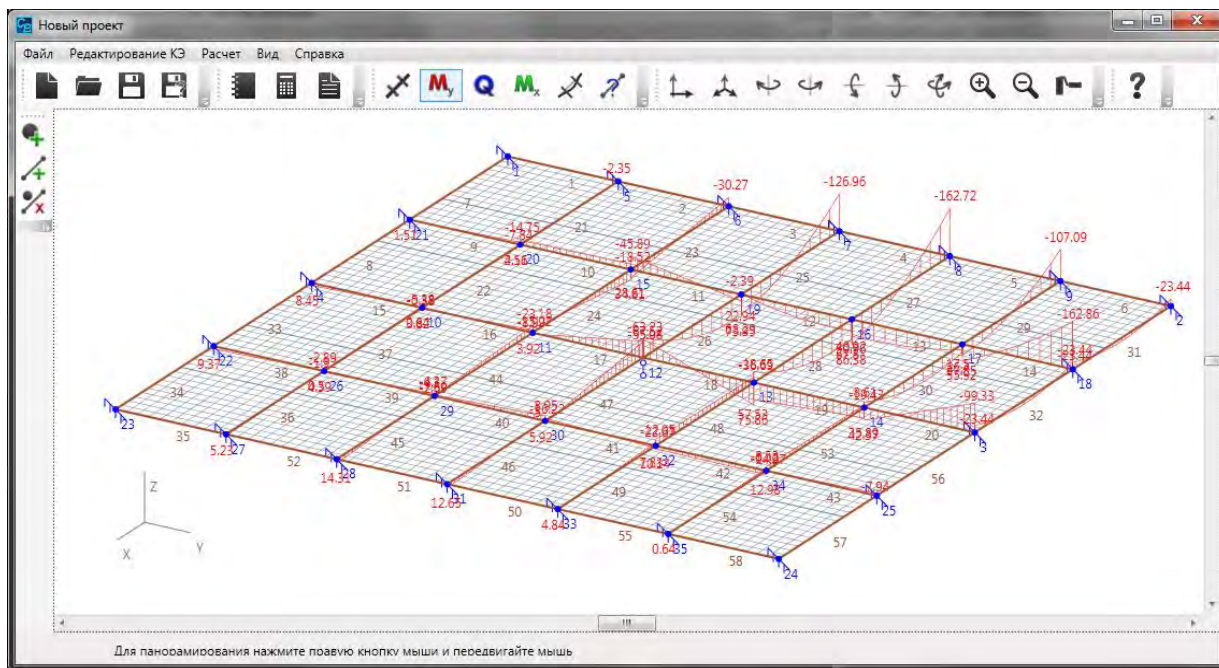


Рис. 2. Расчетная схема системы перекрестных балок и эпюра M_y

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Игнатюк, В.И.** Метод конечных элементов в расчетах стержневых систем. – Брест : БрГТУ, 2009. – 172 с.